

Aus dem Institut für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie  
(Direktor: Prof. Dr. H. Marx)  
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

# **Differentialthermoanalyse und thermomechanische Analyse von 30 Modellierwachsen zur Bestimmung des Schmelzpunktes und der linearen Wärmeexpansion**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz  
den Medizinischen Fachbereichen vorgelegt

von  
**Karl Fehln**  
aus Weiherhammer

Mainz 1979





Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41552627\\_0022](https://archive.org/details/IA41552627_0022)



Aus dem Institut für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie  
(Direktor: Prof. Dr. H. Marx)  
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

# **Differentialthermoanalyse und thermomechanische Analyse von 30 Modellierwachsen zur Bestimmung des Schmelzpunktes und der linearen Wärmeexpansion**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz  
den Medizinischen Fachbereichen vorgelegt



von  
Karl Fehlner  
aus Weiherhammer

Mainz 1979

Fachbereichsdekan : Prof.Dr.Dr. W. Ketterl  
1. Gutachter : Prof.Dr. H. Marx  
2. Gutachter : Prof.Dr. K. Fuhr  
Tag der mündlichen Prüfung : 25. April 1979



# Inhaltsverzeichnis

|                                                 | Seite |
|-------------------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung und Fragestellung                 | 1     |
| 2. Eigene Untersuchungen                        | 4     |
| 2.1. Herstellung der Prüfkörper                 | 4     |
| 2.1.1. Differentialthermoanalyse (DTA)          | 4     |
| 2.1.2. Thermomechanische Analyse (TMA)          | 4     |
| 2.2. Meßgeräte                                  | 6     |
| 2.2.1. Schmelzpunktbestimmung durch DTA         | 6     |
| 2.2.2. Messung der Wärmeexpansion durch TMA     | 7     |
| 2.3. Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung | 9     |
| 2.3.1. DTA                                      | 9     |
| 2.3.2. TMA                                      | 9     |
| 2.4. Aufstellung der getesteten Wachse          | 10    |
| 2.5. Ergebnisse                                 | 12    |
| 2.5.1. DTA                                      | 12    |
| 2.5.2. TMA                                      | 15    |
| 3. Abbildung der Meßkurven                      | 20    |
| 3.1. DTA - Kurven                               | 20    |
| 3.2. TMA - Kurven                               | 51    |
| 4. Diskussion der Ergebnisse                    | 82    |
| 5. Zusammenfassung                              | 85    |
| 6. Literaturverzeichnis                         | 86    |



## 1. Einleitung und Fragestellung

Die Deutsche Gesellschaft für Fettwirtschaft definierte im Jahre 1954 den Begriff des Wachses mit folgenden Worten: "Wachs ist eine technologische Sammelbezeichnung für eine Reihe natürlicher oder künstlich gewonnener Stoffe, die in der Regel folgende Eigenschaften haben: Bei 20°C knetbar, fest bis brüchig hart, grob bis feinkristallin, durchscheinend bis opak, jedoch nicht glasartig; über 40°C ohne Zersetzung schmelzend, schon wenig oberhalb des Schmelzpunktes verhältnismäßig niederviskös und nicht fadenziehend, stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit, unter leichtem Druck polierbar" (WEIKART, 12).

Wachse, die im Zusammenhang mit der Zahnheilkunde Verwendung finden, setzen sich nach REHBERG (9) aus verschiedenen Wachsorten zusammen, um ihnen für den jeweiligen Verwendungszweck bestimmte Eigenschaften zu verleihen. REHBERG (9) teilt die zahnärztlichen Wachse in drei Gruppen ein:

Modellierwachse (meist rosa) = Paraffin + Bienenwachs;

Inlay-Wachse (meist blau oder grün) = Paraffin + Kunstwachs;

Klebewachse (gelb oder rot) = Kunstwachse + Kolophonium.

An Modellierwachse werden zusätzlich folgende Anforderungen gestellt: "Modellierwachs soll sich leicht verformen lassen und trotzdem bei Mundtemperatur eine möglichst große Stabilität besitzen, damit keine Veränderung z.B. bei der Einprobe einer Prothese eintritt" (REHBERG, 9) .

In der zahnärztlichen Fachliteratur erscheinen immer wieder Veröffentlichungen, die sich mit den chemischen und physikalischen Eigenschaften insbesondere der Gußwachse beschäftigen. Dagegen liegen relativ wenige Untersuchungen über die Eigenschaften der Modellierwachse vor, obwohl sie zum täglichen Arbeitsmaterial sowohl des Zahnarztes als auch des Zahntechnikers zählen. Eine Ausnahme bilden die Arbeiten von OHASHI und PAFFENBARGER (7), SMITH, EARNSHAW und McCORRIE (11).

Mit Hilfe der Differentialthermoanalyse (DTA) bestimmen CRAIG, POWERS und PEYTON (2) die Schmelzpunkte verschiedener dentaler Wachse. Dabei treten im Temperaturbereich zwischen  $30^{\circ}\text{C}$  und  $91^{\circ}\text{C}$  unterschiedliche endotherme Reaktionen auf, welche auf eine Umwandlung innerhalb der Wachsstruktur hinweisen. Eine Verschiebung des Schmelzpunktes läßt sich nur insofern erreichen, als sich der prozentuale Anteil der einzelnen Wachskomponenten ändert. EBERSBACH und KRAUSE (3) stellen bei ihren Untersuchungen fest, daß Verunreinigungen von Wachsen unterschiedliche Schmelzpunkte vortäuschen.

LANGE und JOCHINKE (6) berichten, daß alle Wachse, obwohl ihre chemische Zusammensetzung sehr verschiedenartig ist, eine mehr oder weniger ausgeprägte Kristallinität besitzen. REHBERG (8) kommt zu der Feststellung, daß die von ihm untersuchten zahnärztlichen Wachse nicht zur Kristallisation neigen. VON ROSENBERG (10) sieht eine Abhängigkeit vom strukturellen Aufbau in Bezug auf das plasto-elastische Verhalten und Schmelzen.

Die Qualität eines Modellierwachses läßt sich weniger am Schmelzpunkt als vielmehr an der Wärmeexpansion ablesen; denn sowohl im Labor -beim Aufstellen einer Prothese- als auch in der Praxis -beim Einprobieren der Prothese- werden die Modellierwachse relativ großen Temperaturdifferenzen ausgesetzt. CRAIG, EICK und PEYTON (1) finden bei ihren Untersuchungen heraus, daß Mineralwachse, wie Ozokerit, Paraffin oder Ceresin, zu größerer Wärmeexpansion neigen als pflanzliche Wachse, wie Carnaubawachs, das als einziges zwischen 22°C und 52°C eine konstante, lineare Wärmeexpansion aufweist.

Das Angebot an dentalen Modellierwachsen wurde in den letzten Jahren ständig erweitert. Neben deutschen Herstellern versuchen auch ausländische Firmen, mit ihren Produkten auf dem deutschen Markt zu konkurrieren. - In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit auch die Qualität der Modellierwachse verbessert wurde.

In dieser Arbeit sollen von einer möglichst umfassenden Anzahl dentaler Modellierwachse, die in Deutschland erhältlich sind, der Schmelzpunkt und die Wärmeexpansion bestimmt werden.

## 2. Eigene Untersuchungen

### 2.1. Herstellung der Prüfkörper

#### 2.1.1. Differentialthermoanalyse (DTA)

Mit einem speziellen Metallinstrument wird aus den rosa Modellierwachsplatten, wie sie im Handel erhältlich sind, bei einer Temperatur von  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  für die jeweilige Probe ein Plättchen mit einem Durchmesser von 4mm herausgestanzt.

Vor jeder neuen Probenherstellung wird das Metallinstrument von anhaftenden Wachspartikeln mit Hilfe eines wachslösenden Mittels gereinigt, um die Meßergebnisse nicht zu verfälschen.

Der Prüfkörper wird in einem Aluminiumpfännchen kalt verschweißt. Anschließend wird das Gewicht der Wachsprobe bestimmt.

#### 2.1.2. Thermomechanische Analyse (TMA)

Das zu untersuchende Wachs wird in kleine Stücke zerbrochen und in eine Metallpfanne gegeben. In Anlehnung an die Vorlage 0013915 des FACHNORMENAUSSCHUSSES DENTAL IM DEUTSCHEN NORMENAUSSCHUSS (4) werden diese Wachsstücke durch eine Infrarotlampe von 250 Watt aus einer Entfernung von 13 cm bis zu einer Temperatur von  $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  erhitzt und dabei vollständig, unter Temperaturkontrolle mittels eines Thermometers, zum Schmelzen gebracht. Das geschmolzene Wachs wird in eine Form gegossen, die mit einer Silikonlösung isoliert

ist, deren Schmelzpunkt höher als  $80^{\circ}\text{C}$  liegt.

Eine Messingplatte mit den Maßen 30mm x 40mm x 1,5mm dient als Form. In diese Platte sind drei Bohrungen eingearbeitet, welche innen geglättet sind und einen Durchmesser von je 6mm aufweisen. Die Achsen dieser Bohrungen stehen senkrecht zur Oberfläche der Platte. Eine Glasplatte entsprechender Größe wird als Unterlage benutzt. Die Metallform und die Glasplatte werden auf  $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  vorgeheizt.

Das flüssige Wachs wird in die Form eingefüllt und sobald es beim Erstarren schrumpft, wird flüssiges Wachs nachgefüllt.

Wenn das Wachs seine spiegelnde Oberfläche verloren hat, wird eine Deckplatte, die mit Zinn- oder Aluminiumfolie überzogen ist, auf die Form gelegt und mit einem Gewicht von 9 kg 30 Minuten lang belastet.

Später wird das überstehende, erstarrte Wachs mit einem Metallschaber entfernt, bis der Prüfkörper mit der Formoberfläche eine Ebene bildet. Mit einem Stempel, der genau in die Bohrungen paßt, wird der Prüfkörper nach Abkühlen der Form in Wasser auf  $10^{\circ}\text{C}$  vorsichtig aus der Form gedrückt. Vor der Prüfung wird die Wachsprobe 24 Stunden lang bei einer Raumtemperatur von  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  gelagert.

## 2.2. Meßgeräte

### 2.2.1. Schmelzpunktbestimmung durch DTA

Die Messungen werden mit Hilfe eines Differentialthermoanalysegerätes in Verbindung mit Meß- und Steuergerät durchgeführt (Abb. 1).

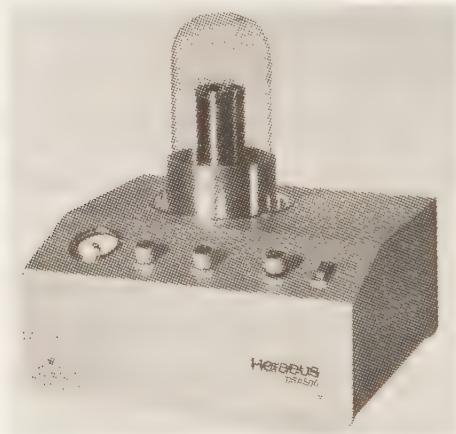


Abb. 1 Analysengerät DTA 500 der Firma Heraeus

"Während eines physikalischen oder chemischen Umwandlungsprozesses wird von einer Substanz Energie absorbiert oder freigesetzt. Bei endothermen Prozessen, wie Schmelzen, Verdampfen, Phasenumwandlung, wird Wärme absorbiert, bei exothermen Vorgängen, wie Erstarren, Kristallisieren, wird Energie in Form von Wärme freigesetzt. Mit der DTA können die charakteristischen Enthalpien qualitativ und quantitativ bestimmt werden. Dazu werden das Untersuchungsgut und eine inerte Vergleichssubstanz, die keine thermische Umwandlung mitmacht, gleichförmig erhitzt. Der Temperaturverlauf beider Proben wird gemessen und ihre Differenz als Funktion der

Temperatur oder der Zeit registriert" (5).

Das Funktionsschema eines DTA-Gerätes zeigt Abb. 2 .

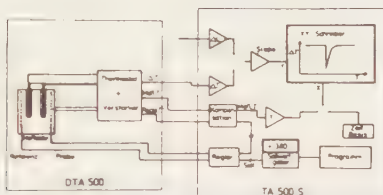


Abb. 2 Funktionsschema DTA

### 2.2.2. Messung der Wärmeexpansion durch TMA

Als Meßgerät dient ein Dilatometer mit vertikalem Aufbau.

Angeschlossen sind Tieftemperaturöfen, Meß- und Steuergerät (Abb. 3, Abb. 4).



Abb. 3 Dilatometer TMA 500  
mit Dreizonenofen  
der Firma Heraeus

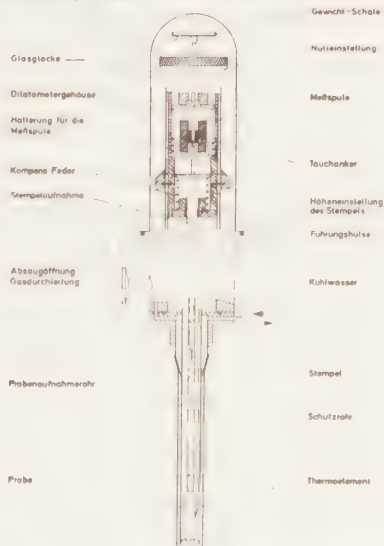


Abb. 4 Funktionsausschnitt  
des Dilatometers  
TMA 500

"Aufgabe der thermomechanischen Analyse ist das Messen der Längen- oder Volumenänderung einer Substanz als Funktion der Temperatur. ... Die Entwicklung induktiver Wegaufnehmer hat der Längenmessung in den letzten Jahren neue Dimensionen erschlossen. Nunmehr ist es möglich, Längenänderungen mit einer Auflösung von  $0,1\mu\text{m}$  auf 1 cm Schreiberaufschlag zu registrieren. ... Für die Auswertung der Messergebnisse können die Längenänderungen und ihre Ableitungen als Funktion der Temperatur oder der Zeit aufgetragen werden" (5).  
Das Funktionsschema eines TMA-Gerätes zeigt Abb. 5.

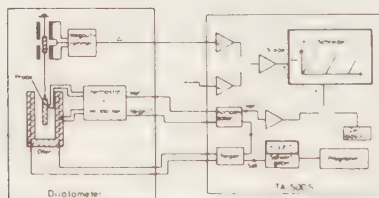


Abb. 5 Funktionsschema des Dilatometers TMA 500 der Firma Heraeus

( Abb. 2 - 5 entnommen aus HENNING und SCHULZ, 5 )

## 2.3. Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung

### 2.3.1. DTA

Das Aluminiumpfännchen, das die Probe enthält, wird auf den Widerstandstemperaturfühler der Meßzelle gesetzt. Als Referenzsubstanz dienen 18 mg Aluminium. Der Prüfkörper wird auf  $10^{\circ}\text{C}$  abgekühlt und anschließend in stehender Atmosphäre (Luft) mit einer Heizrate von  $5^{\circ}\text{C} / \text{Minute}$  auf  $80^{\circ}\text{C}$  erhitzt.

Die DTA-Kurven werden mit einer Empfindlichkeit von  $50 \text{ mV} / \text{cm}$  als Funktion der Temperatur von einem XY - Schreiber aufgezeichnet.

### 2.3.2. TMA

Vor der Dilatometermessung wird die Länge der Wachsprobe mit einer Meßuhr, die Ablesungen bis zu einer Genauigkeit von  $1/100 \text{ mm}$  erlaubt, ermittelt.

Der Prüfkörper wird auf einen Quarzglaszylinder gelegt, der als Probenhalter benutzt wird. Das Thermoelement wird mit der Wachsprobe in Kontakt gebracht und der Meßfühler vorsichtig auf sie abgesenkt. Um einen konstanten Anpreßdruck zu gewährleisten, wird der Gewichtsteller mit  $2 \text{ g}$  belastet.

Nach Abkühlung des Prüfkörpers auf  $20^{\circ}\text{C}$  wird dieser mit einer Aufheizrate von  $5^{\circ}\text{C} / \text{Minute}$  auf  $45^{\circ}\text{C}$  erwärmt.

Ein XY - Schreiber registriert die Längenänderungen im Temperaturbereich von  $25^{\circ}\text{C}$  bis  $40^{\circ}\text{C}$ .

Nach erneuter Abkühlung auf  $20^{\circ}\text{C}$  wird an demselben Prüfkörper der gleiche Versuch noch einmal durchgeführt, ohne an den Meßvorrichtungen eine Änderung vorzunehmen.

## 2.4. Aufstellung der getesteten Wachse

### - Dentaureum Modellierwachs

Hersteller: Dentaureum

H.P. Winkelstroeter K.G.

Pforzheim

### - Gebdi Modellierwachs rosa Export

### - Gebdi Modellierwachs rosa Extra

### - Gebdi Modellierwachs rosa Labor

### - Gebdi Modellierwachs rosa Standard

Hersteller: Gebr. Ditzel GmbH

Wachswaren- und Kerzenfabrik

Meckesheim

### - Heko rosa Plattenwachs S

### - Heko rosa Plattenwachs SH

### - Heko rosa Plattenwachs SO

### - Heko rosa Plattenwachs T

### - Heko rosa Plattenwachs W

Hersteller: Heko-Werk

Chemische Fabrik

Dr. Hengstmann & Co

Berlin

### - Kerr Set up Wax - 2 regular

### - Kerr Set up Wax - 5 hard

### - Kerr Sure set Pink Base Plate Wax

Hersteller: Kerr Mfg. Co.

Romulus

Michigan 48174 USA

- Keur & Sneltjes Modellierwachs

Hersteller: Keur & Sneltjes, Dental Mfg. Co.

Haarlem Holland

- Kuki Modellierwachs

Hersteller: Wachsindustrie Fulda

Adam Gies GmbH & Co.

Fulda

- Morsa Modellierwachs Labor

- Morsa Modellierwachs prima

- Morsa Modellierwachs Standard

- Morsa Modellierwachs 1155

- Morsa Modellierwachs 1166

Hersteller: Krumbacher Wachswarenfabrik

Moritz Sallinger

Krumbach

- Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard

- Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard

Hersteller: The J. Bird Moyer Company

Philadelphia, Pa 19132 USA

- Renfert Modellierwachs rosa

Hersteller: E. & H. Renfert

Singen

- Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Sommerwachs

- Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Winterwachs

- Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Universalwachs

Hersteller: Dental - Union GmbH

Offenbach

- Steinhart Modellierwachs AA rosa

- Steinhart Modellierwachs BB rosa

- Steinhart Modellierwachs Standard rosa

Hersteller: Gebr. Steinhart

Wachswarenfabrik Krumbach

Krumbach

- Tenasyle Dental Modelling Wax

Hersteller: Associated Dental Products LTD

Purton, Swindon England

## 2.5. Ergebnisse

### 2.5.1. DTA

Anhand der aufgezeichneten DTA-Kurven wird der Schmelzpunkt durch Extrapolieren des Hauptpeaks, der das völlige Schmelzen der Probe anzeigt, festgestellt.

Die Werte werden zu ganzen Gradzahlen auf- bzw. abgerundet. Auf der Y-Achse ist  $\Delta T$ , auf der X-Achse T aufgetragen.

| Getestete Modellierwachse          | Schmelzpunkt |
|------------------------------------|--------------|
| Dentaureum Modellierwachs          | 58°C         |
| Gebdi Modellierwachs rosa Export   | 61°C         |
| Gebdi Modellierwachs rosa Extra    | 61°C         |
| Gebdi Modellierwachs rosa Labor    | 60°C         |
| Gebdi Modellierwachs rosa Standard | 63°C         |
| Heko rosa Plattenwachs S           | 62°C         |
| Heko rosa Plattenwachs SH          | 64°C         |
| Heko rosa Plattenwachs SO          | 61°C         |
| Heko rosa Plattenwachs T           | 62°C         |
| Heko rosa Plattenwachs W           | 60°C         |
| Kerr Set up Wax - 2 regular        | 64°C         |
| Kerr Set up Wax - 5 hard           | 62°C         |
| Kerr Sure set Pink Base Plate Wax  | 63°C         |
| Keur & Sneltjes Modellierwachs     | 61°C         |
| Kuki Modellierwachs                | 60°C         |

| Getestete Modellierwachse                          | Schmelzpunkt |
|----------------------------------------------------|--------------|
| Morsa Modellierwachs Labor                         | 57°C         |
| Morsa Modellierwachs prima                         | 58°C         |
| Morsa Modellierwachs Standard                      | 61°C         |
| Morsa Modellierwachs 1155                          | 57°C         |
| Morsa Modellierwachs 1166                          | 57°C         |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard                  | 63°C         |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard                | 63°C         |
| Renfert Modellierwachs rosa                        | 59°C         |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Sommerwachs    | 62°C         |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Winterwachs    | 61°C         |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Universalwachs | 61°C         |
| Steinhart Modellierwachs AA rosa                   | 59°C         |
| Steinhart Modellierwachs BB rosa                   | 59°C         |
| Steinhart Modellierwachs Standard rosa             | 59°C         |
| Tenasyle Dental Modelling Wax                      | 66°C         |

### 2.5.2. TMA

Aus den TMA-Kurven läßt sich die jeweilige Wärmeexpansion in Prozent nach folgender Formel berechnen:

$$\frac{\Delta L \times 2}{L} \times 100$$

Auf der Y-Achse ist  $\Delta L$  ( $1 \text{ cm} \hat{=} 2 \mu\text{m}$ ), auf der X-Achse ist die Temperatur ( $1 \text{ cm} \hat{=} 2,5^\circ\text{C}$ ) aufgetragen.

Temperaturbereich 25°C - 37°C

| Getestete Modellierwachs           | 1.Versuch | 2.Versuch |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| Dentaurum Modellierwachs           | 0,33 %    | 0,60 %    |
| Gebdi Modellierwachs rosa Export   | 0,12 %    | 0,29 %    |
| Gebdi Modellierwachs rosa Extra    | -         | 0,23 %    |
| Gebdi Modellierwachs rosa Labor    | 0,26 %    | 0,24 %    |
| Gebdi Modellierwachs rosa Standard | 0,07 %    | 0,32 %    |
| Heko rosa Plattenwachs S           | 0,23 %    | 0,28 %    |
| Heko rosa Plattenwachs SH          | 0,22 %    | 0,25 %    |
| Heko rosa Plattenwachs SO          | 0,21 %    | 0,18 %    |
| Heko rosa Plattenwachs T           | 0,16 %    | 0,26 %    |
| Heko rosa Plattenwachs W           | 0,34 %    | 0,58 %    |
| Kerr Set up Wax - 2 regular        | 0,16 %    | 0,25 %    |
| Kerr Set up Wax - 5 hard           | 0,26 %    | 0,34 %    |
| Kerr Sure set Pink Base Plate Wax  | 0,23 %    | 0,27 %    |
| Keur & Sneltjes Modellierwachs     | 0,52 %    | 0,68 %    |
| Kuki Modellierwachs                | -         | 1,85 %    |

Temperaturbereich 25°C - 37°C

| Getestete Modellierwache                           | 1.Versuch | 2.Versuch |
|----------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Morsa Modellierwachs Labor                         | 0,44 %    | 0,67 %    |
| Morsa Modellierwachs prima                         | -         | 1,92 %    |
| Morsa Modellierwachs Standard                      | -         | 1,66 %    |
| Morsa Modellierwachs 1155                          | -         | 0,89 %    |
| Morsa Modellierwachs 1166                          | -         | 1,10 %    |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard                  | 0,36 %    | 0,45 %    |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard                | 0,31 %    | 0,33 %    |
| Renfert Modellierwachs rosa                        | 0,28 %    | 0,28 %    |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Sommerwachs    | 0,42 %    | 1,19 %    |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Winterwachs    | -         | 1,16 %    |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Universalwachs | 0,51 %    | 1,84 %    |
| Steinhart Modellierwachs AA rosa                   | 0,34 %    | 0,39 %    |
| Steinhart Modellierwachs BB rosa                   | 0,26 %    | 0,21 %    |
| Steinhart Modellierwachs Standard rosa             | 0,28 %    | 0,23 %    |
| Tenasyle Dental Modelling Wax                      | 0,33 %    | 0,47 %    |

Temperaturbereich 25°C - 40°C

| Getestete Modellierwache           | 1. Versuch | 2. Versuch |
|------------------------------------|------------|------------|
| Dentaurum Modellierwachs           | 0,34 %     | 1,03 %     |
| Gebdi Modellierwachs rosa Export   | 0,13 %     | 0,56 %     |
| Gebdi Modellierwachs rosa Extra    | -          | 0,63 %     |
| Gebdi Modellierwachs rosa Labor    | 0,29 %     | 0,35 %     |
| Gebdi Modellierwachs rosa Standard | 0,08 %     | 0,50 %     |
| Heko rosa Plattenwachs S           | 0,30 %     | 0,38 %     |
| Heko rosa Plattenwachs SH          | 0,27 %     | 0,31 %     |
| Heko rosa Plattenwachs SO          | -          | 0,30 %     |
| Heko rosa Plattenwachs T           | 0,22 %     | 0,37 %     |
| Heko rosa Plattenwachs W           | 0,43 %     | 0,90 %     |
| Kerr Set up Wax - 2 regular        | 0,21 %     | 0,33 %     |
| Kerr Set up Wax - 5 hard           | 0,36 %     | 0,49 %     |
| Kerr Sure set Pink Base Plate Wax  | 0,28 %     | 0,37 %     |
| Keur & Sneltjes Modellierwachs     | 0,86 %     | 1,12 %     |
| Kuki Modellierwachs                | -          | 2,44 %     |

| Getestete Modellierwachse                          | 1. Versuch | 2. Versuch |
|----------------------------------------------------|------------|------------|
| Morsa Modellierwachs Labor                         | 0,54 %     | 1,22 %     |
| Morsa Modellierwachs prima                         | -          | 2,42 %     |
| Morsa Modellierwachs Standard                      | -          | 2,31 %     |
| Morsa Modellierwachs 1155                          | -          | 1,34 %     |
| Morsa Modellierwachs 1166                          | -          | 1,72 %     |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard                  | 0,50 %     | 0,63 %     |
| Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard                | 0,47 %     | 0,47 %     |
| Renfert Modellierwachs rosa                        | 0,40 %     | 0,42 %     |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Sommerwachs    | 0,56 %     | 1,84 %     |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Winterwachs    | -          | 1,56 %     |
| Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Universalwachs | 0,59 %     | 2,43 %     |
| Steinhart Modellierwachs AA rosa                   | 0,45 %     | 0,57 %     |
| Steinhart Modellierwachs BB rosa                   | 0,30 %     | 0,33 %     |
| Steinhart Modellierwachs Standard rosa             | 0,33 %     | 0,40 %     |
| Tenasyle Dental Modelling Wax                      | 0,50 %     | 0,76 %     |

### 3. Abbildung der Meßkurven

#### 3.1. DTA - Kurven

Abb. 6

DTA - Kurve von

Dentaurum Modellierwachs

exotherm

$\Delta T$

endotherm

20

30

40

50

60 °C

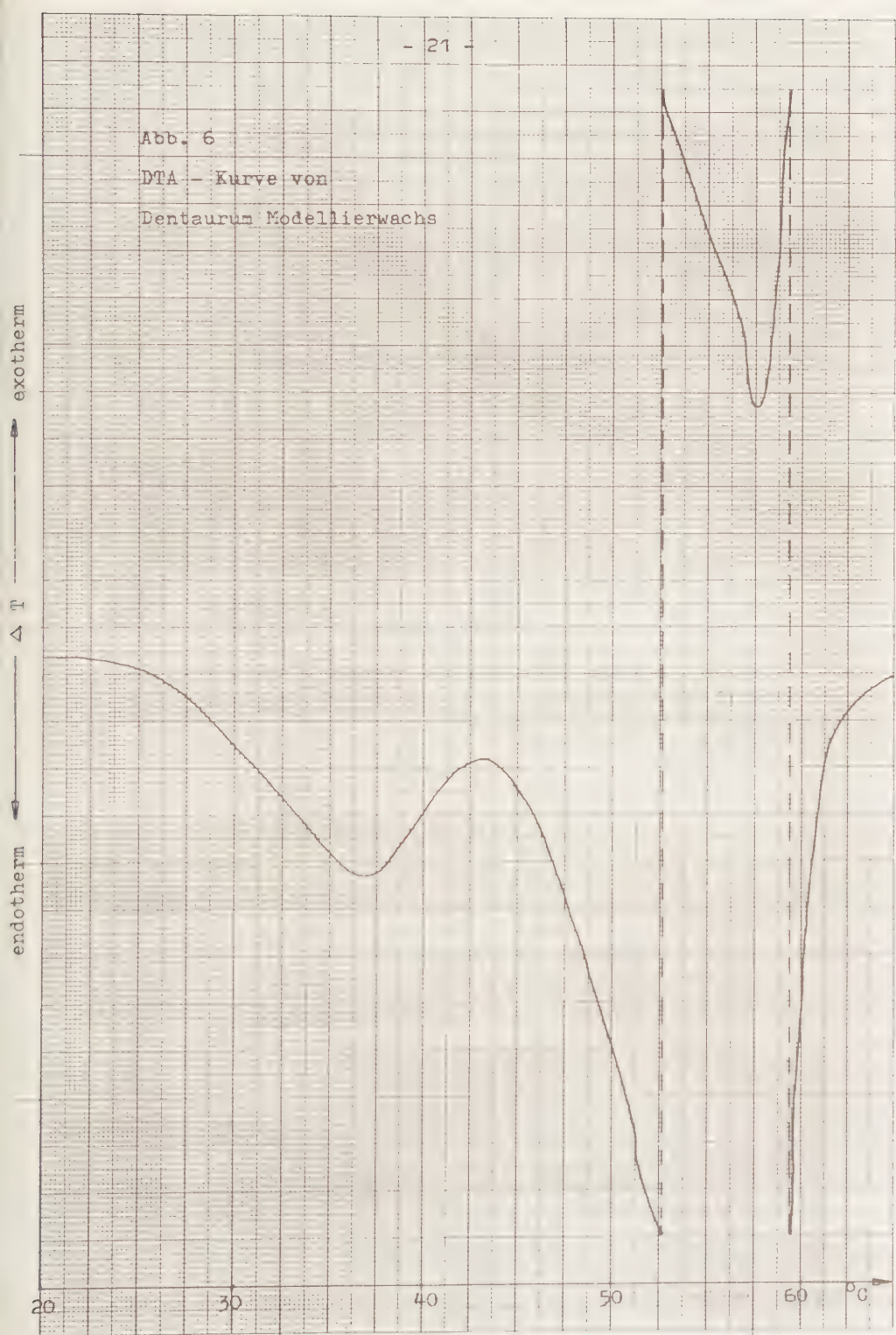


Abb. 7

DTA - Kurve von

Gabdi Modellierwachs rosa Export

exotherm

$\Delta T$

endotherm

30

40

50

60

°C

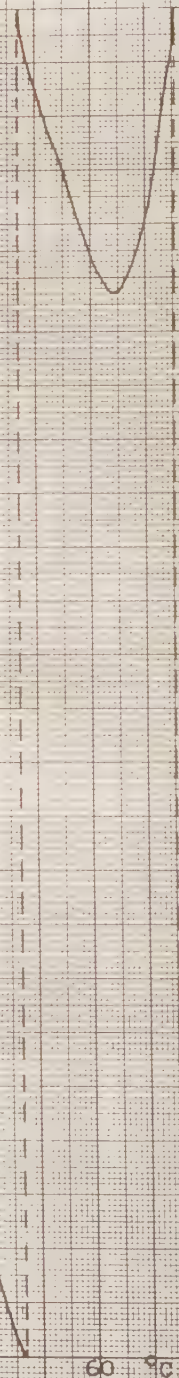


Abb. 8

DTA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Extra

exotherm

Δ

endotherm

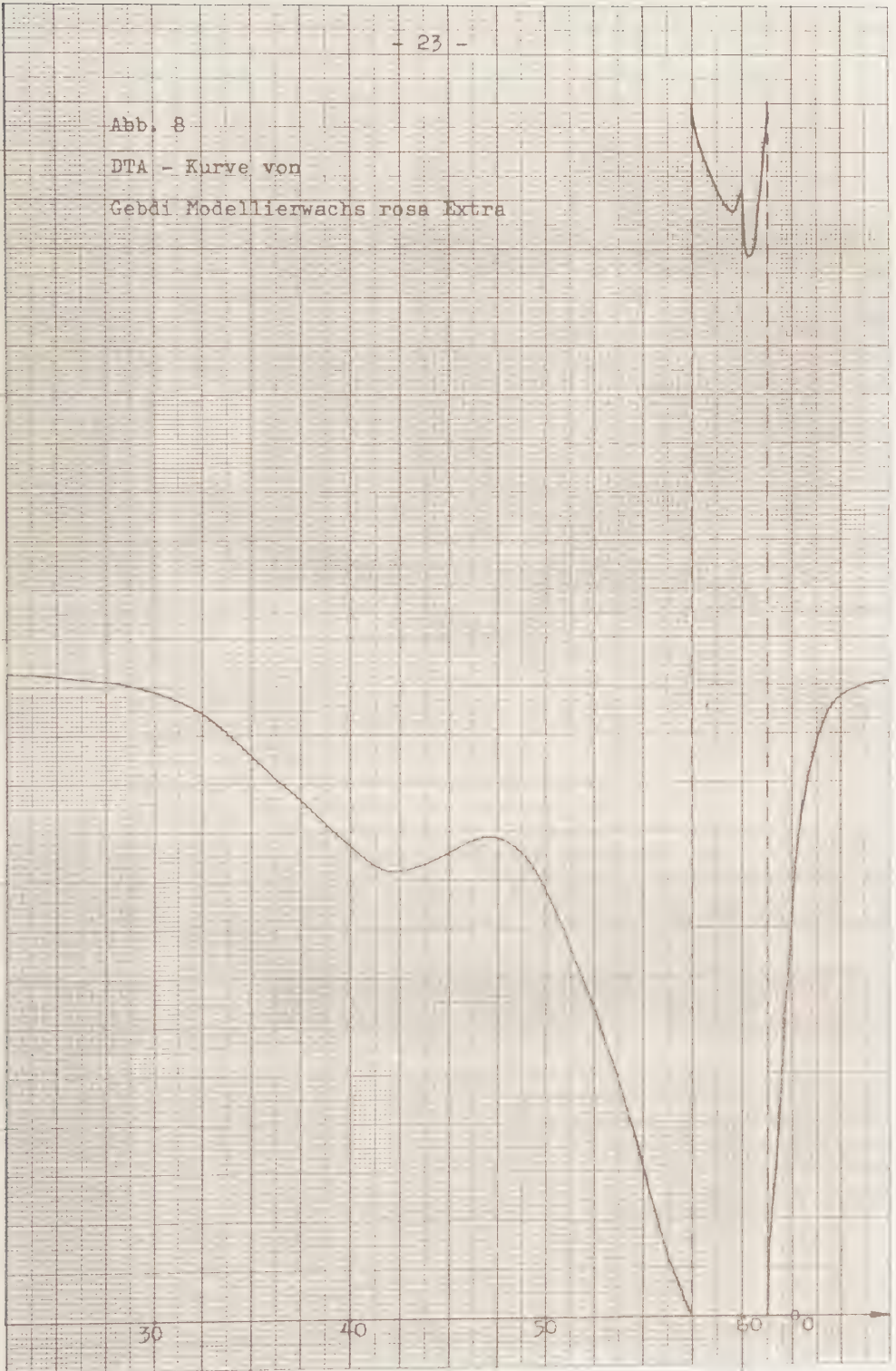


Abb. 9

DTA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa labor

exotherm



4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

Abb. 10

DTA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Standard

exotherm

endotherm

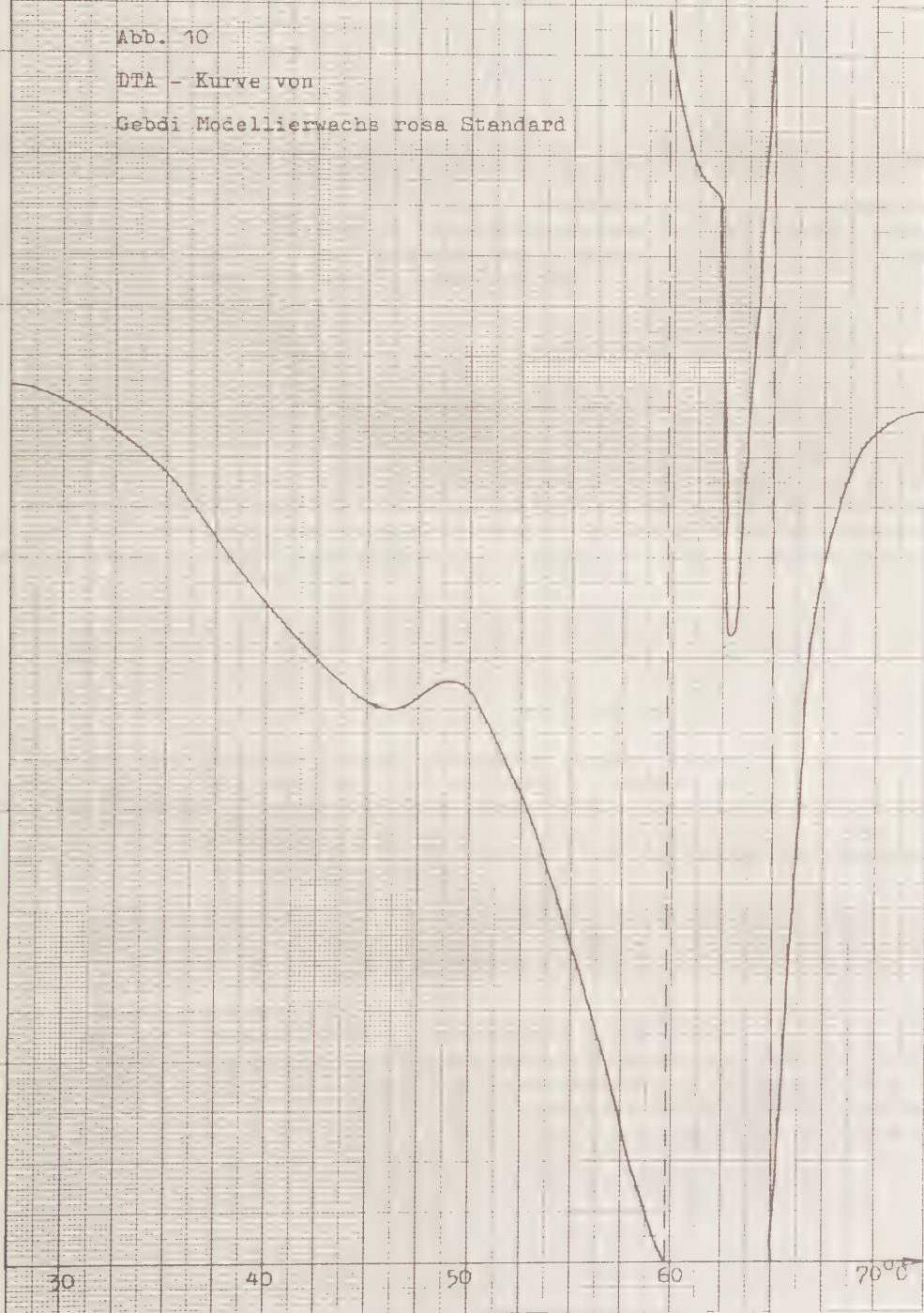


Abb. 11

DTA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs S

exotherm

$\Delta T$

endotherm

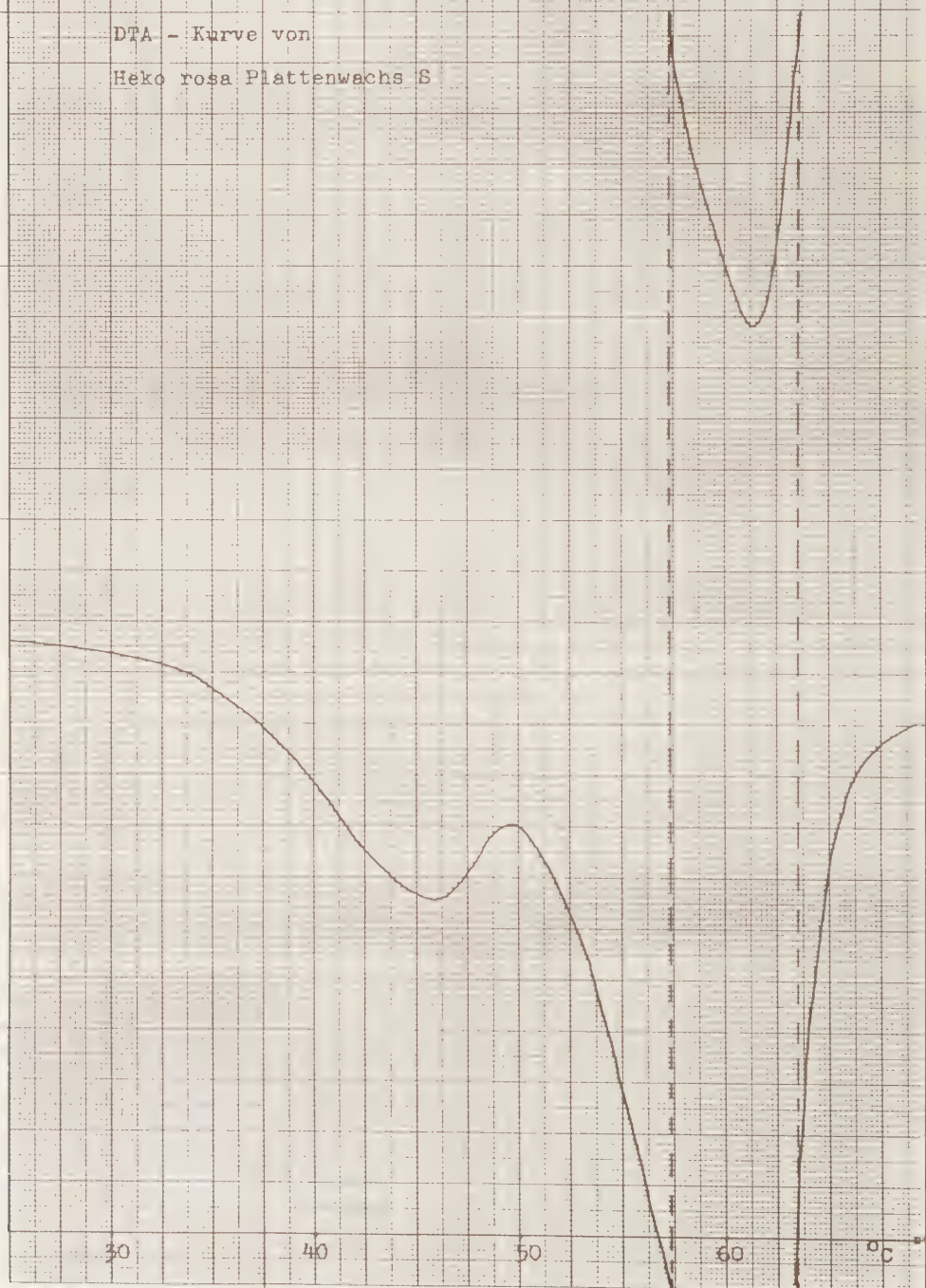


Abb. 12

DTA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs SH

exotherm

$\Delta T$

endotherm

30

40

50

60

70 °C

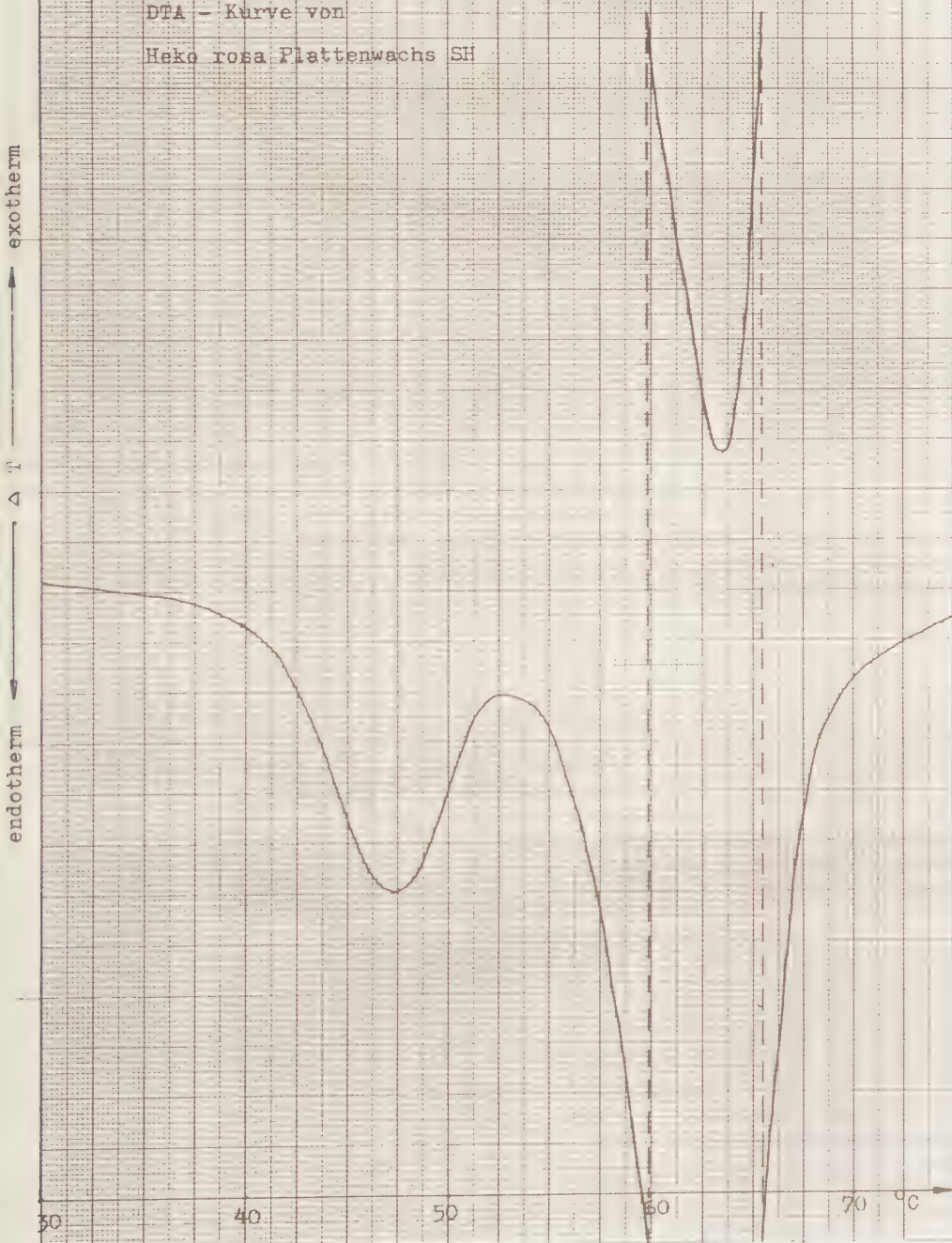


Abb. 13

DTA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs SO

exotherm



endotherm



Abb. 14

DTA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs T

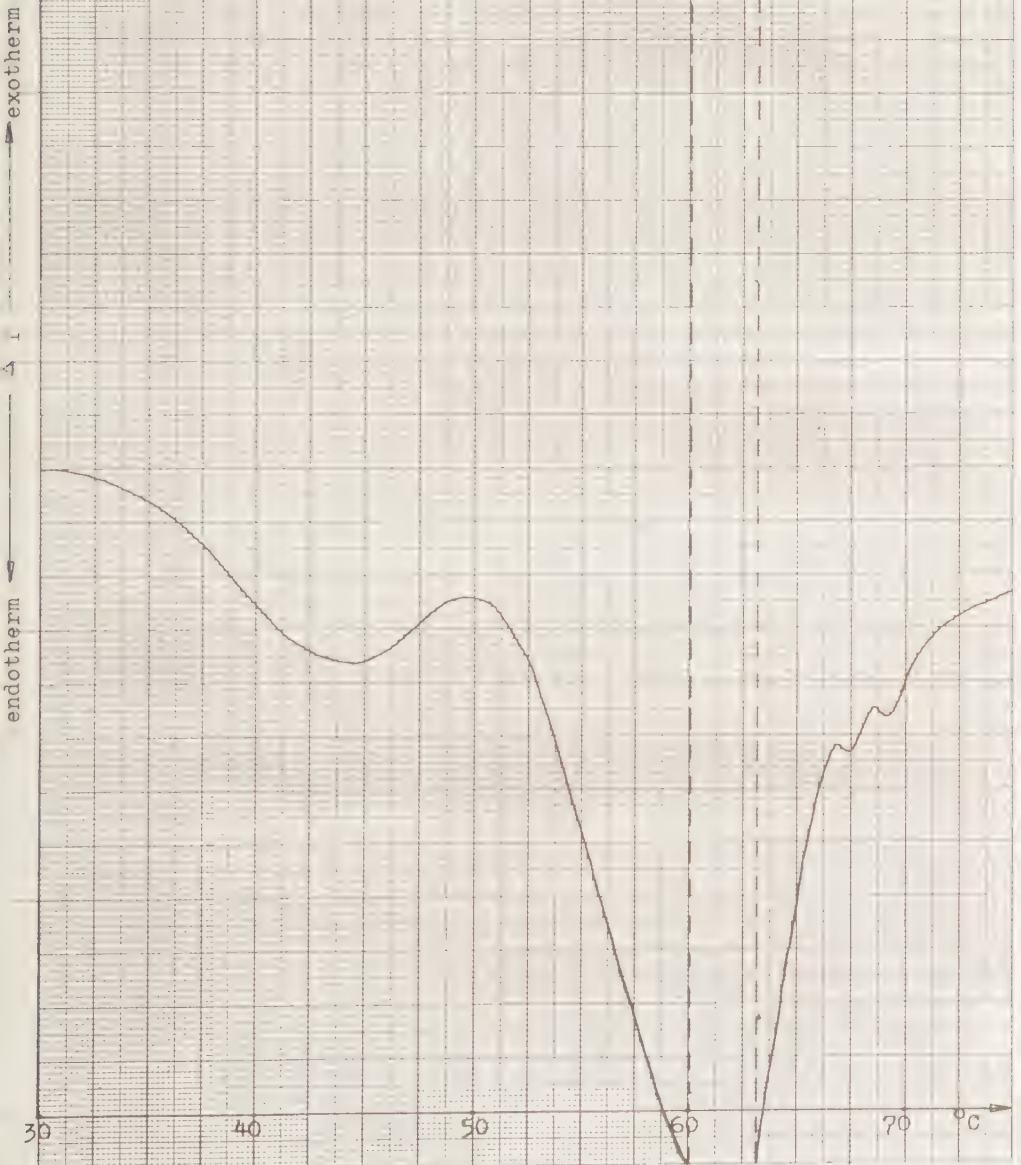


Abb. 95

DTA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs W

exotherm

$\Delta T$

endotherm

30

40

50

60

°C

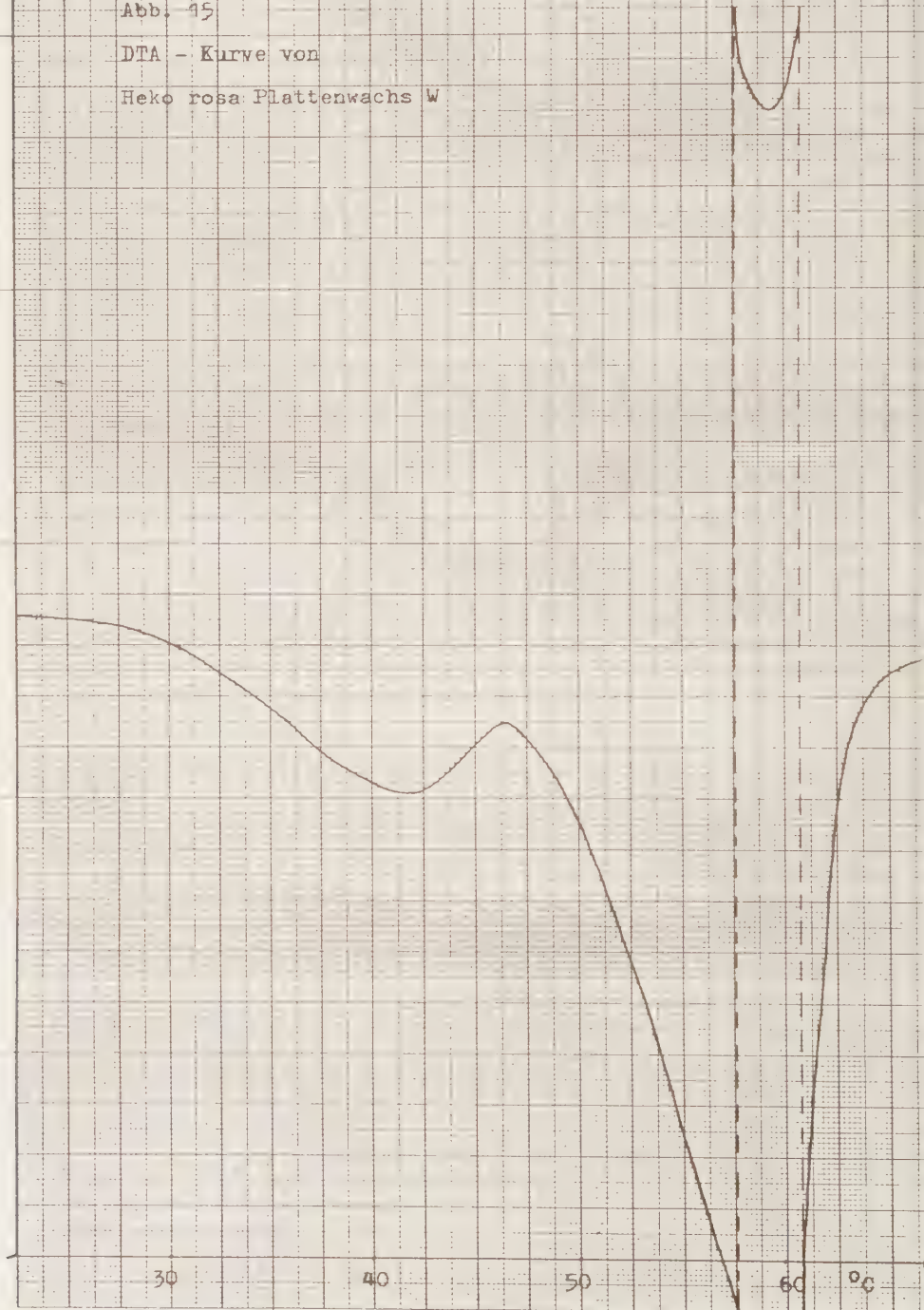


Abb. 16

DTA - Kurve von

Kerr Set up Wax - 2 regular

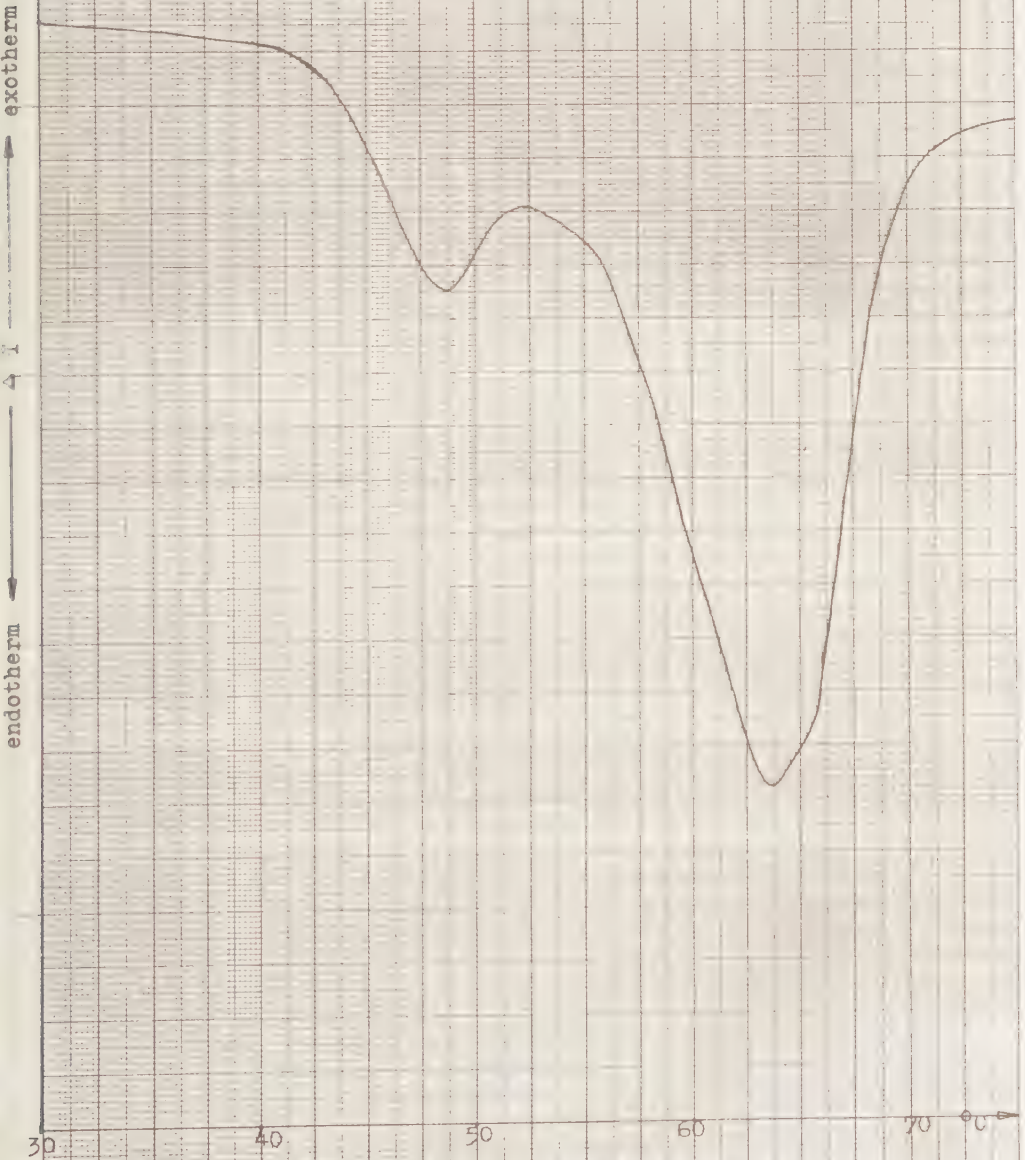


Abb. 17

DTA - Kurve von

Kerr Set up Wax - 5 hard

exotherm  
↑  
Δ T  
↓  
endotherm

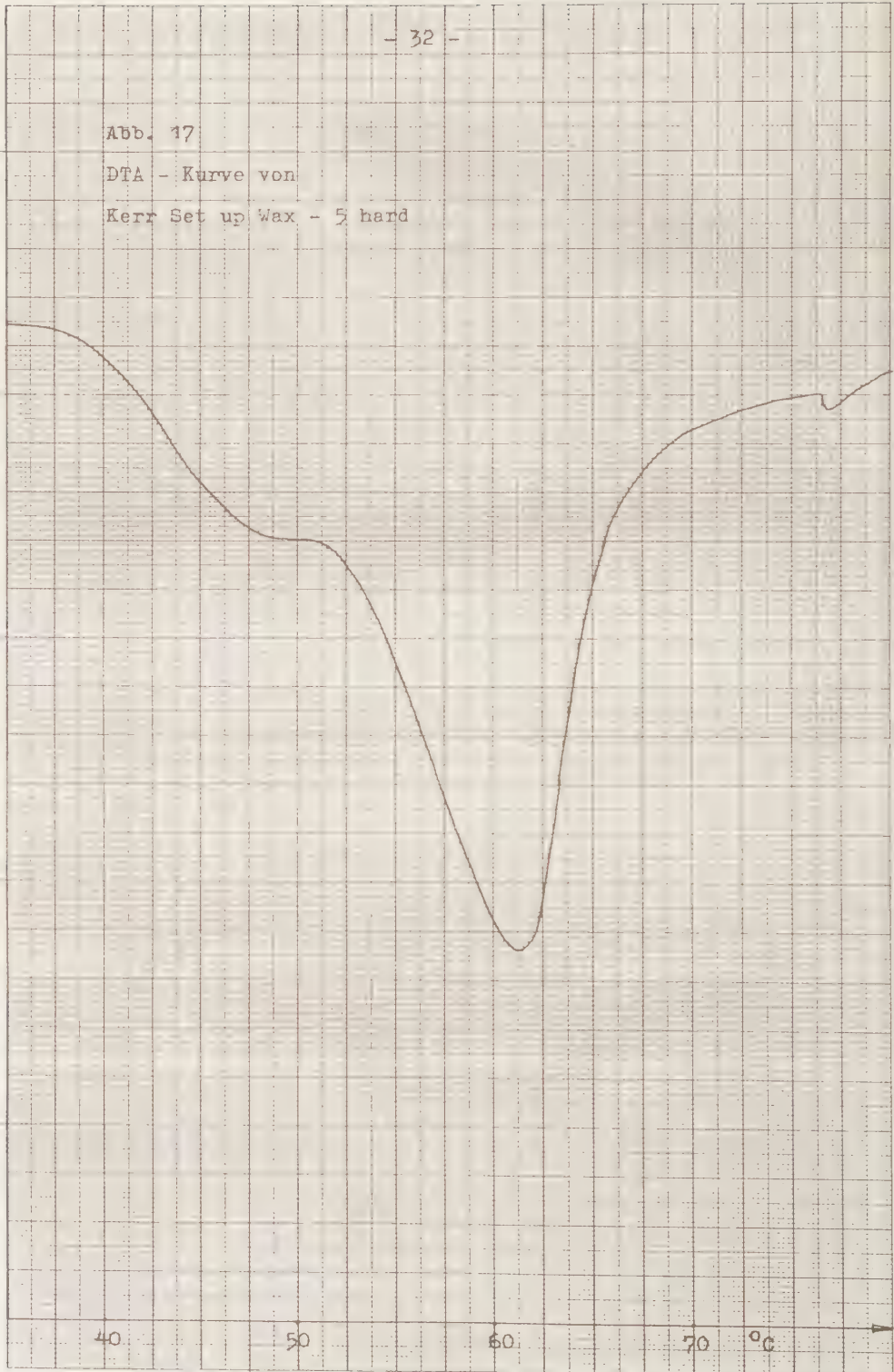


Abb. 18

DTA - Kurve von

Kerr Sure set Pink Base Plate Wax

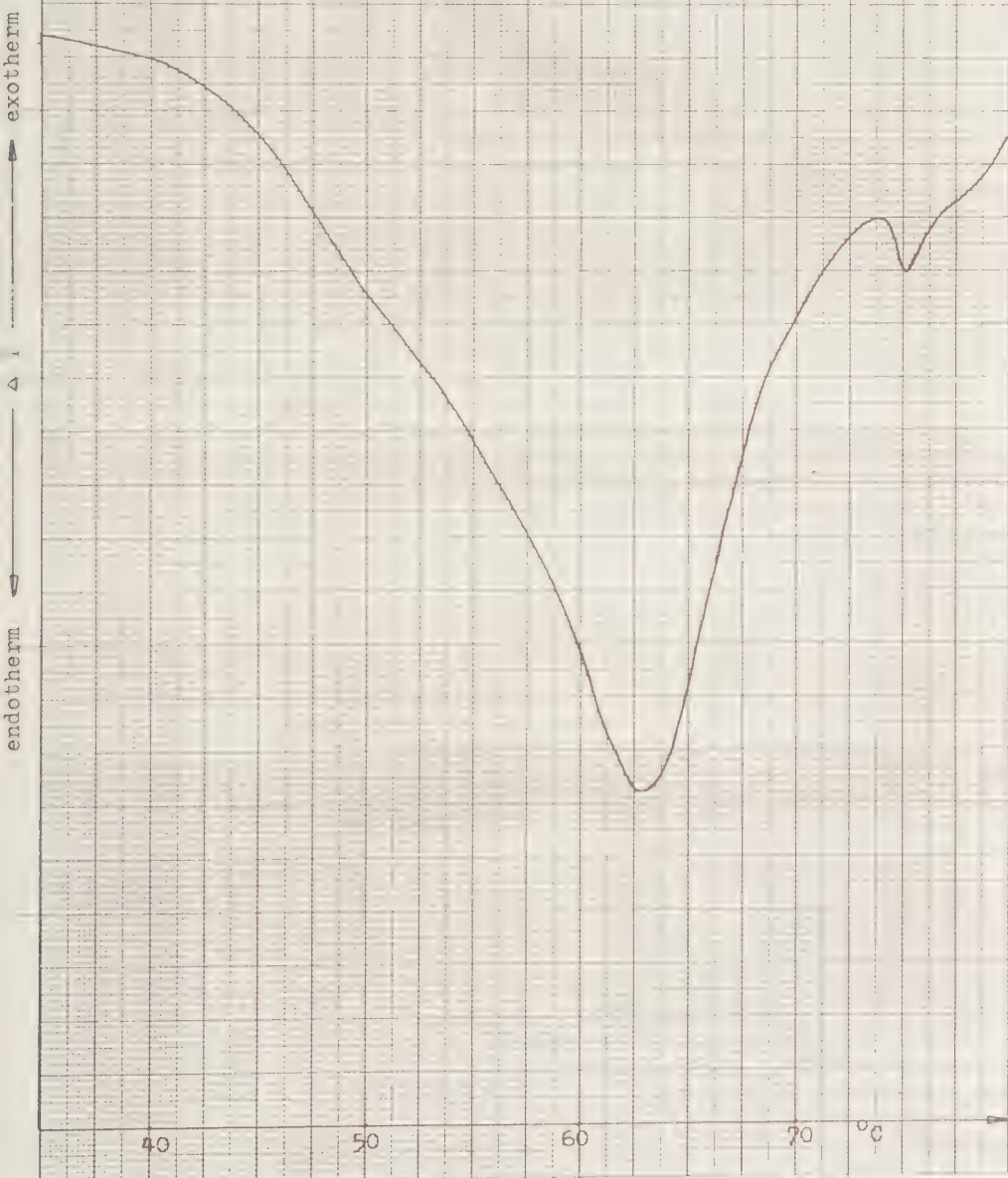


Abb. 19

DTA - Kurve von

Keur & Sneltjes Modellierwachs

exotherm  
↑  
T  
↓  
endotherm

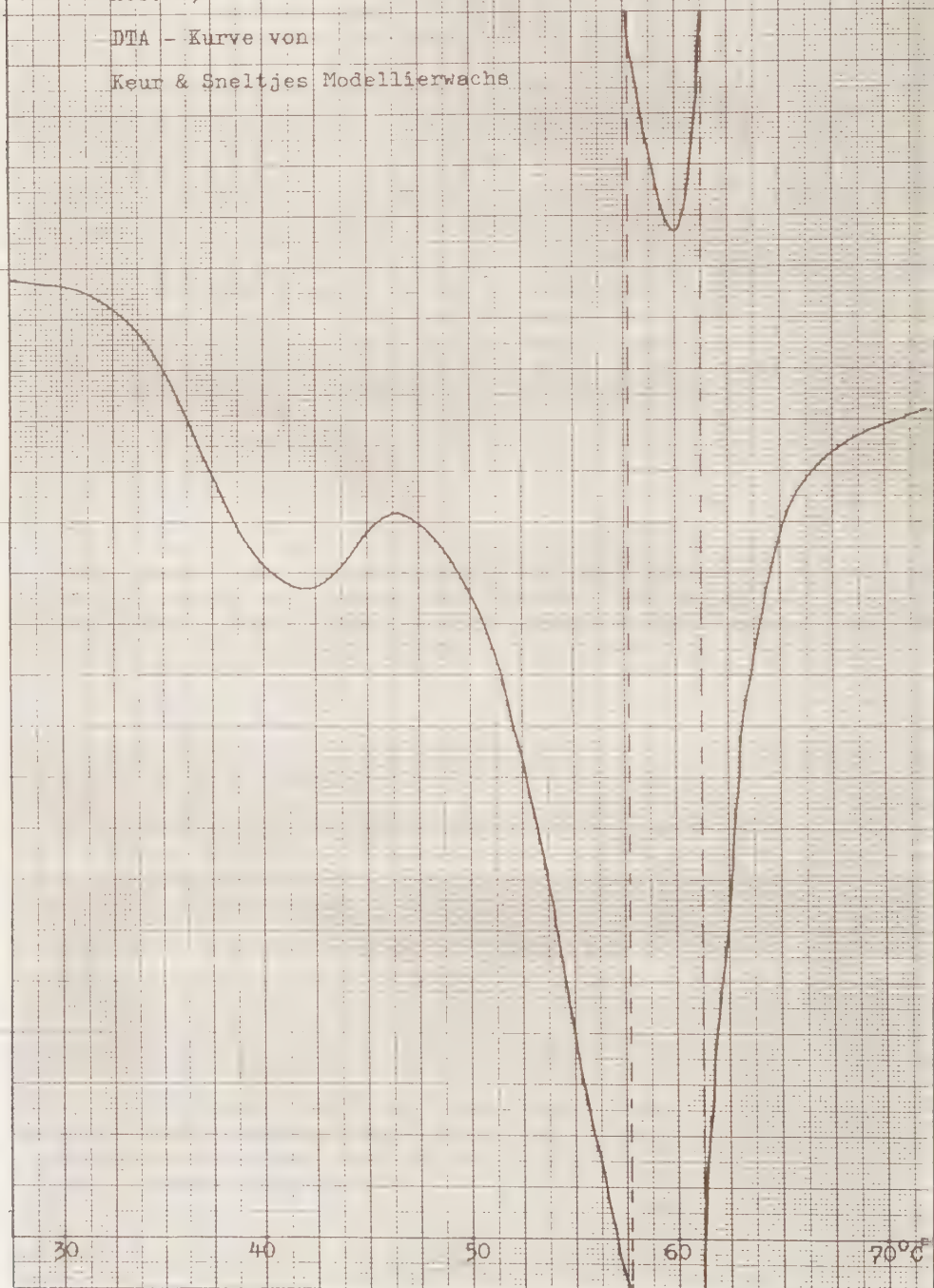


Abb. 20

DTA - Kurve von  
Kuki Modellierwachs

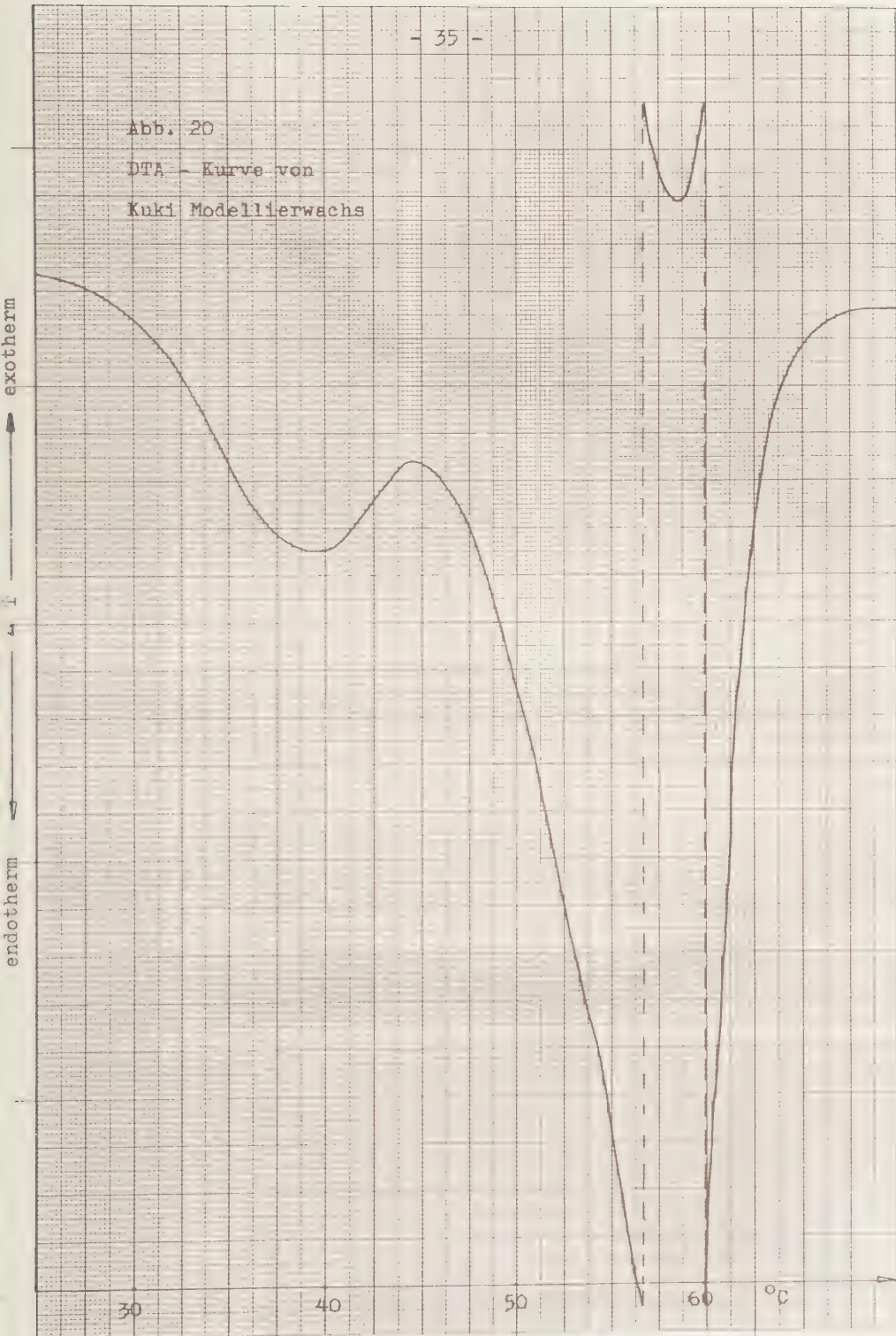


Abb. 27

DTA - Kurve von

Morsa Modellierwachs Labor

exotherm

$\Delta T$

endotherm

20 30 40 50 60 °C

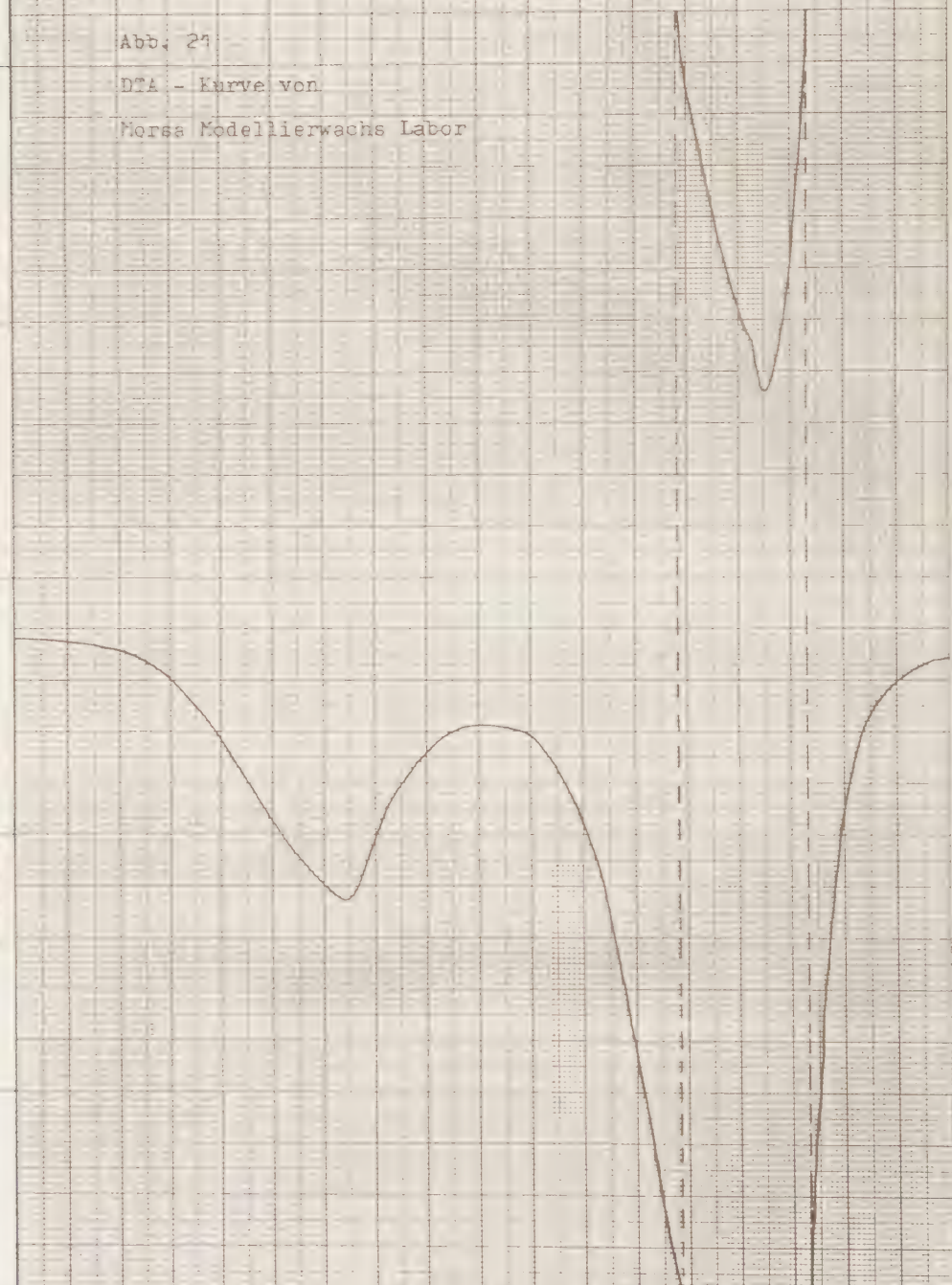


Abb. 22

DTA - Kurve von

Morsa Modellierwachs prima

exotherm

endotherm

20

30

40

50

60

°C

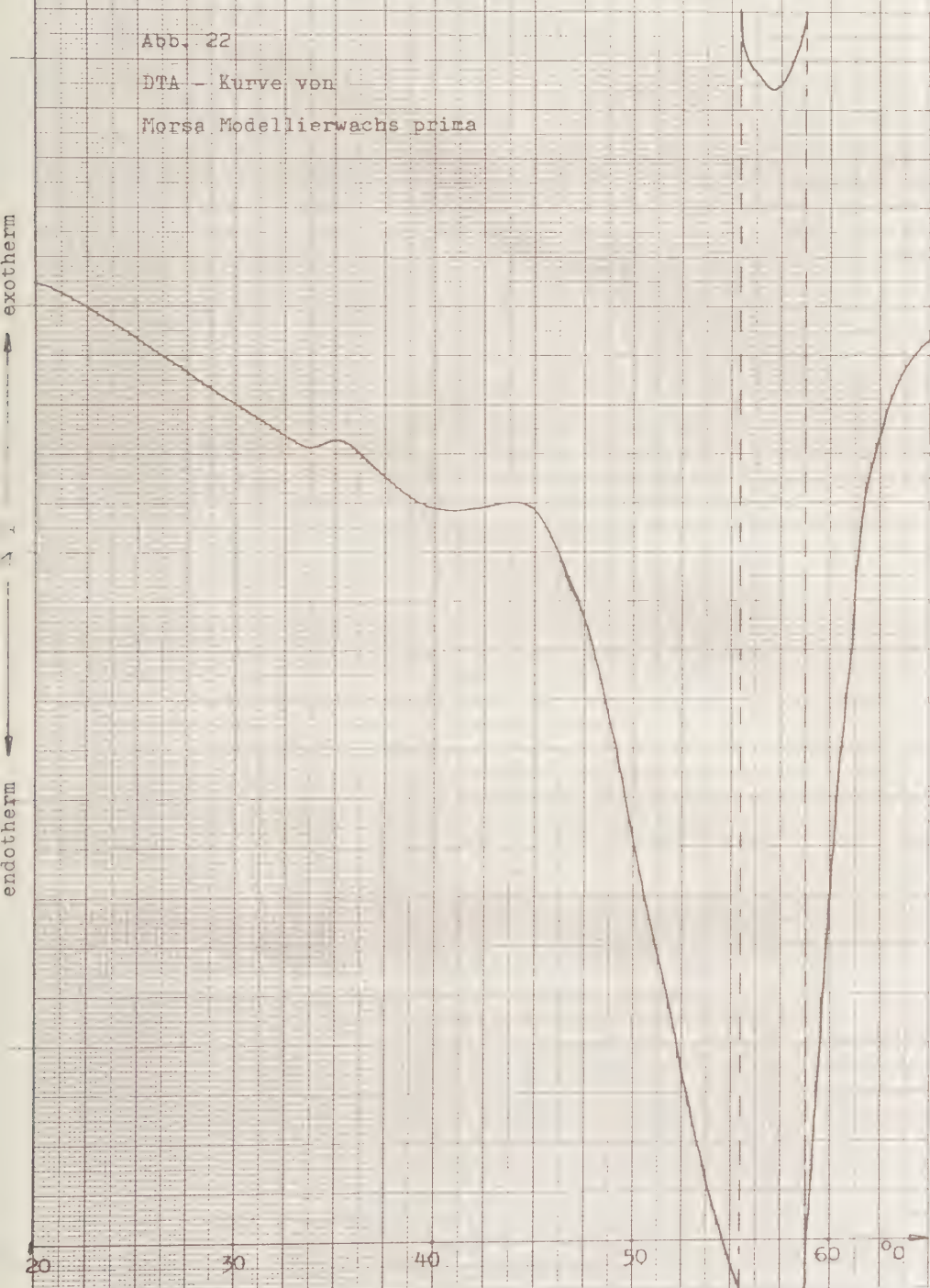


Abb. 23

DTA - Kurve von

Morsa Modellierwachs Standard

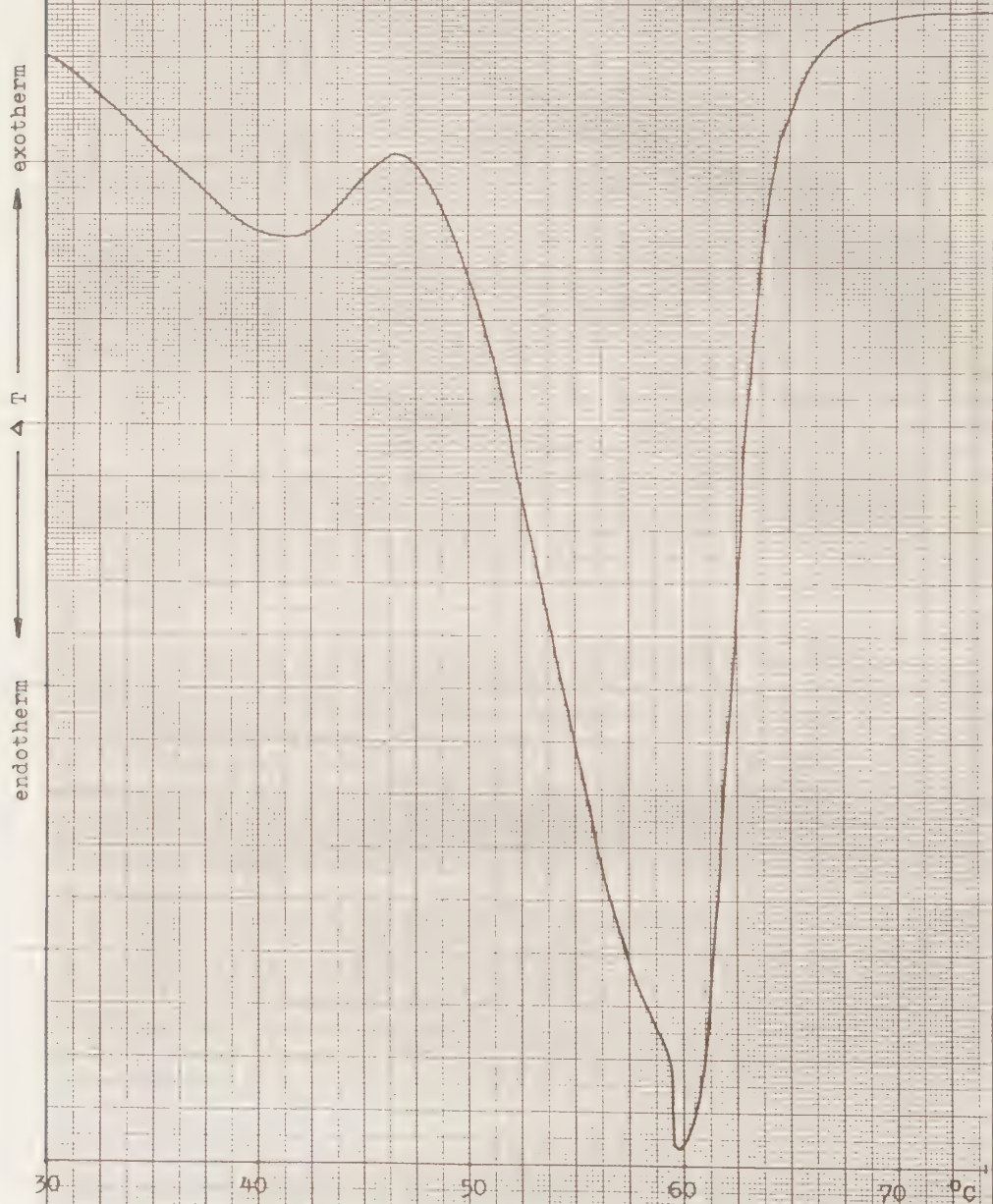


Abb. 24

DTA - Kurve von

Morsa Modellierwachs 1155

exotherm



1  
4



endotherm

20 30 40 50 60 °C

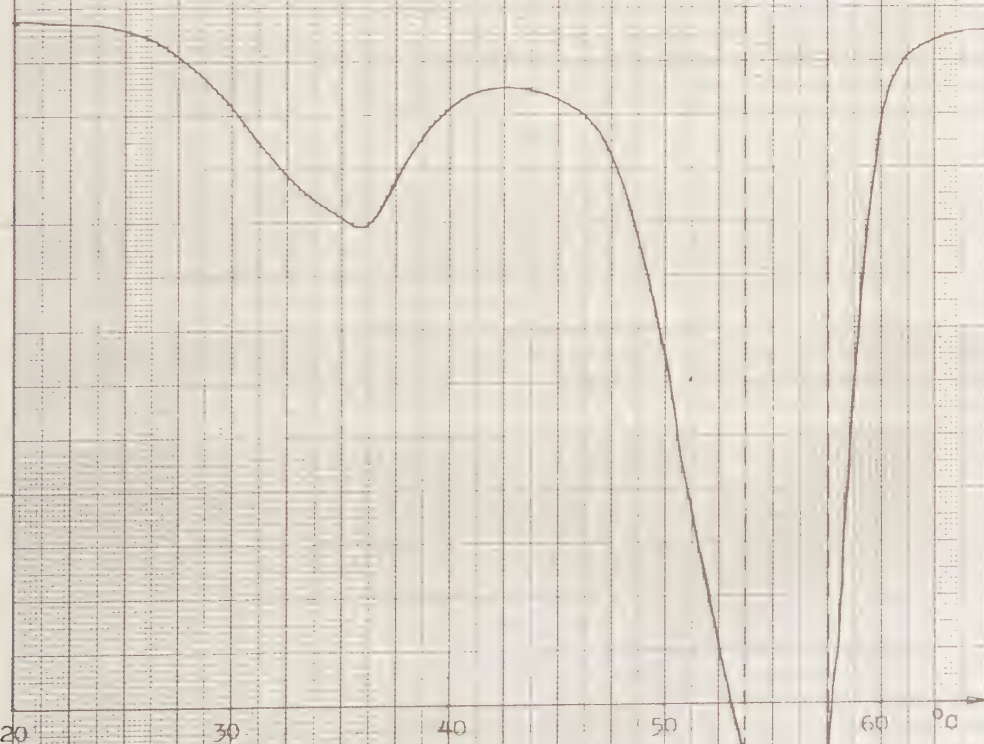


Abb. 25

DTA - Kurve von

Morsa Modellierwachs 1166

exotherm



$\Delta T$



endotherm

20 30 40 50 60 °C

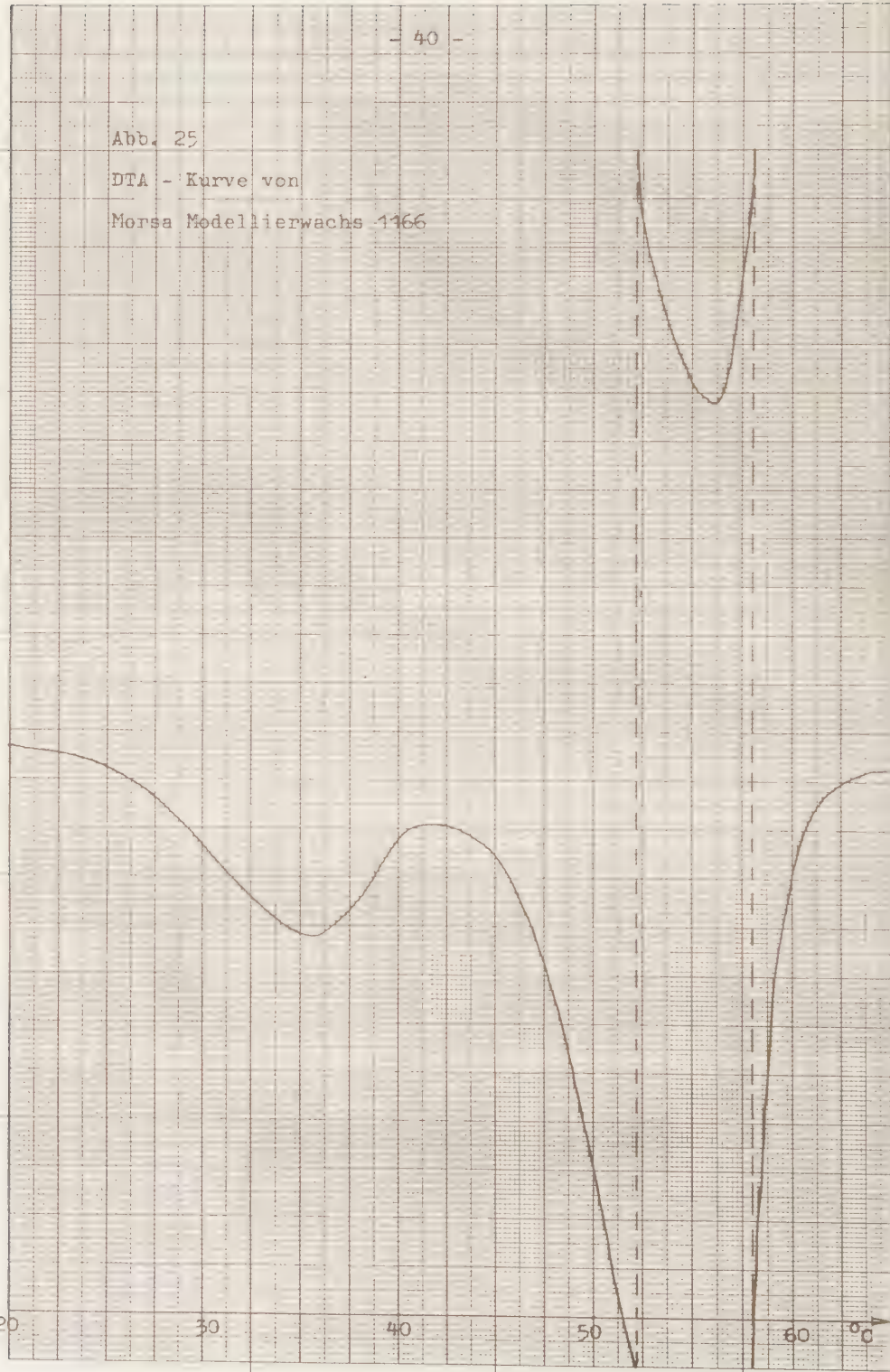


Abb. 26

DTA - Kurve von

Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard

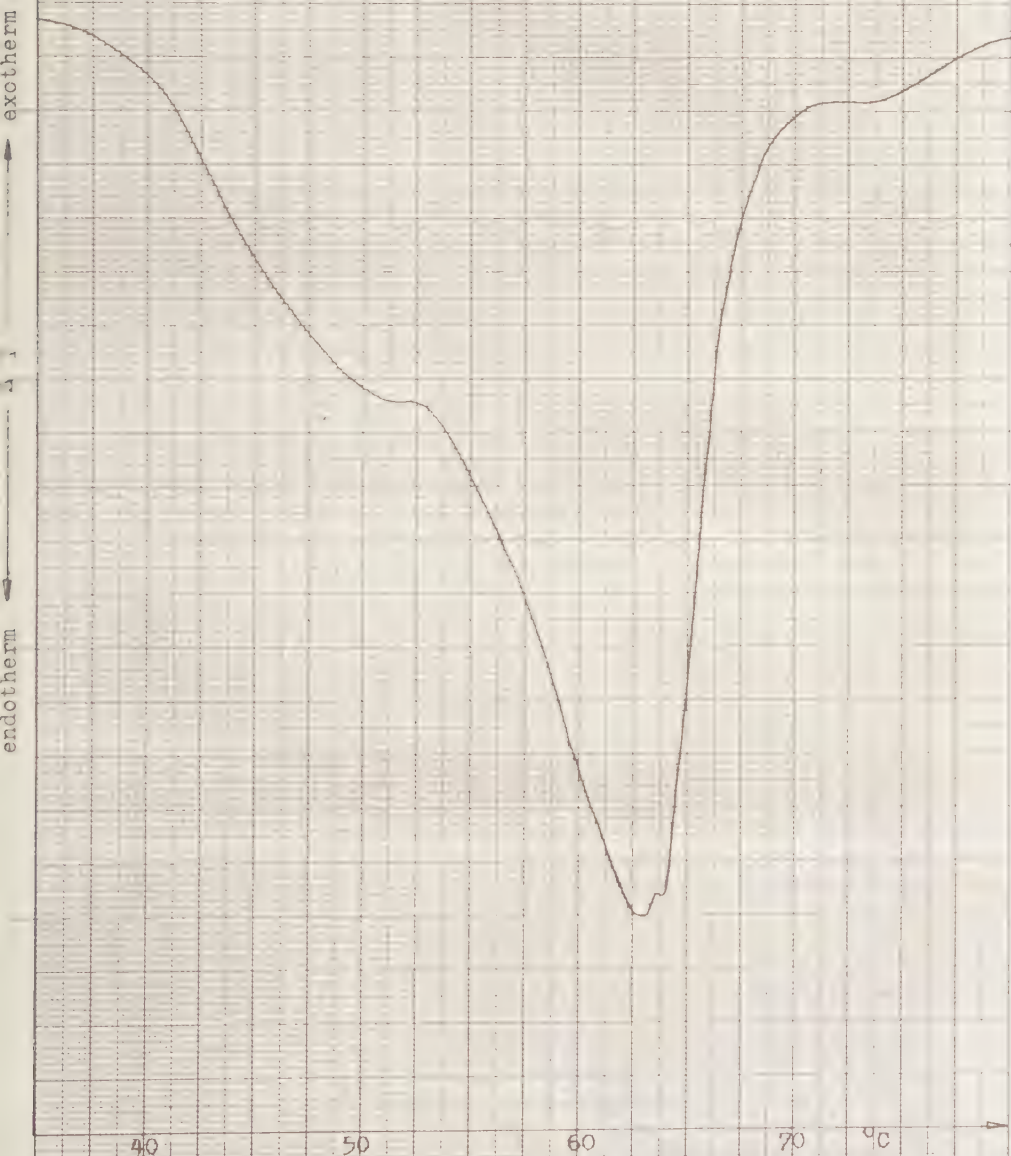


Abb. 27

DTA - Kurve von

Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard

exotherm

$\Delta T$

endotherm

30

40

50

60

70

°C

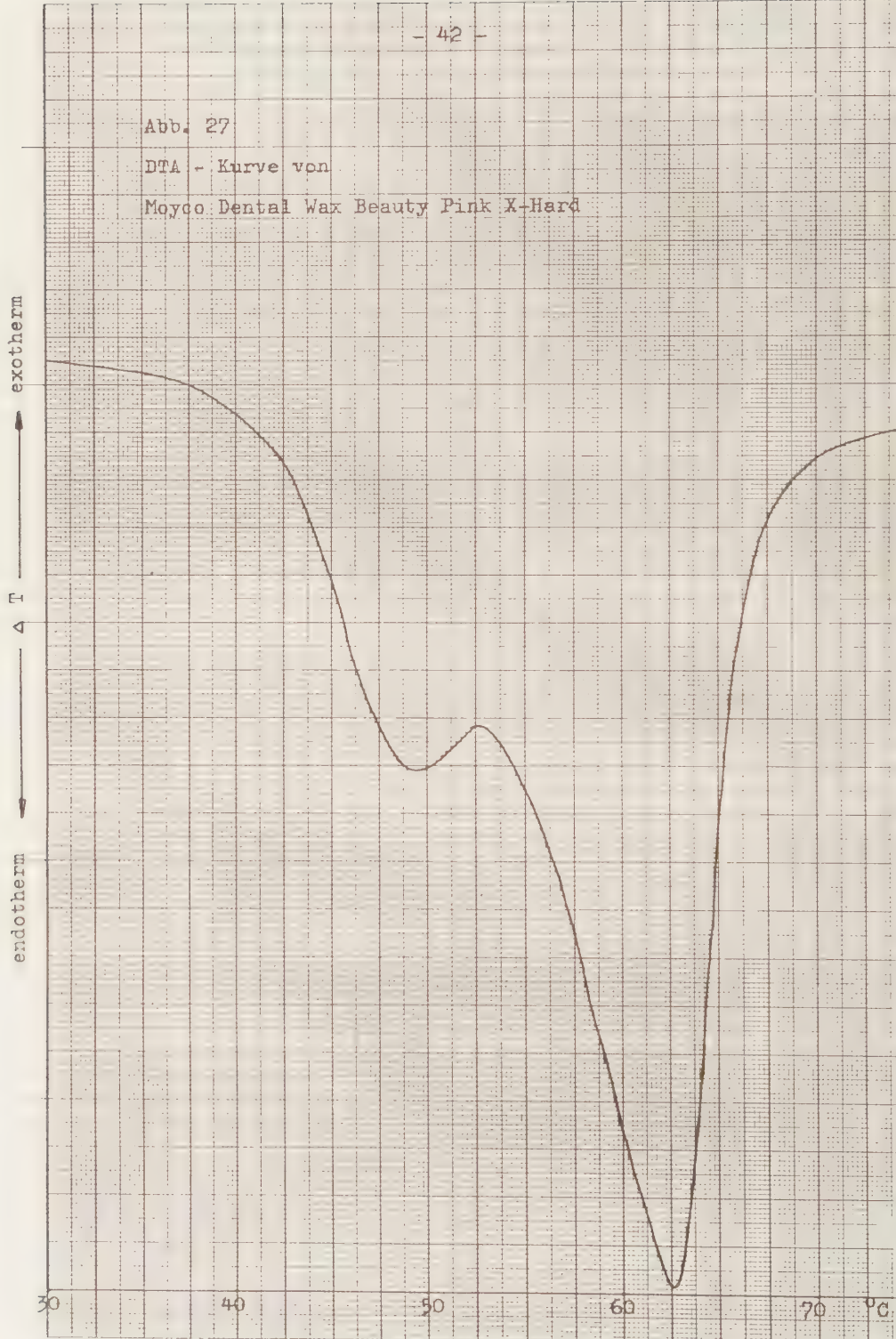


Abb. 28

DTA - Kurve von

Renfert Modellierwachs rosa

exotherm

$\Delta T$

endotherm

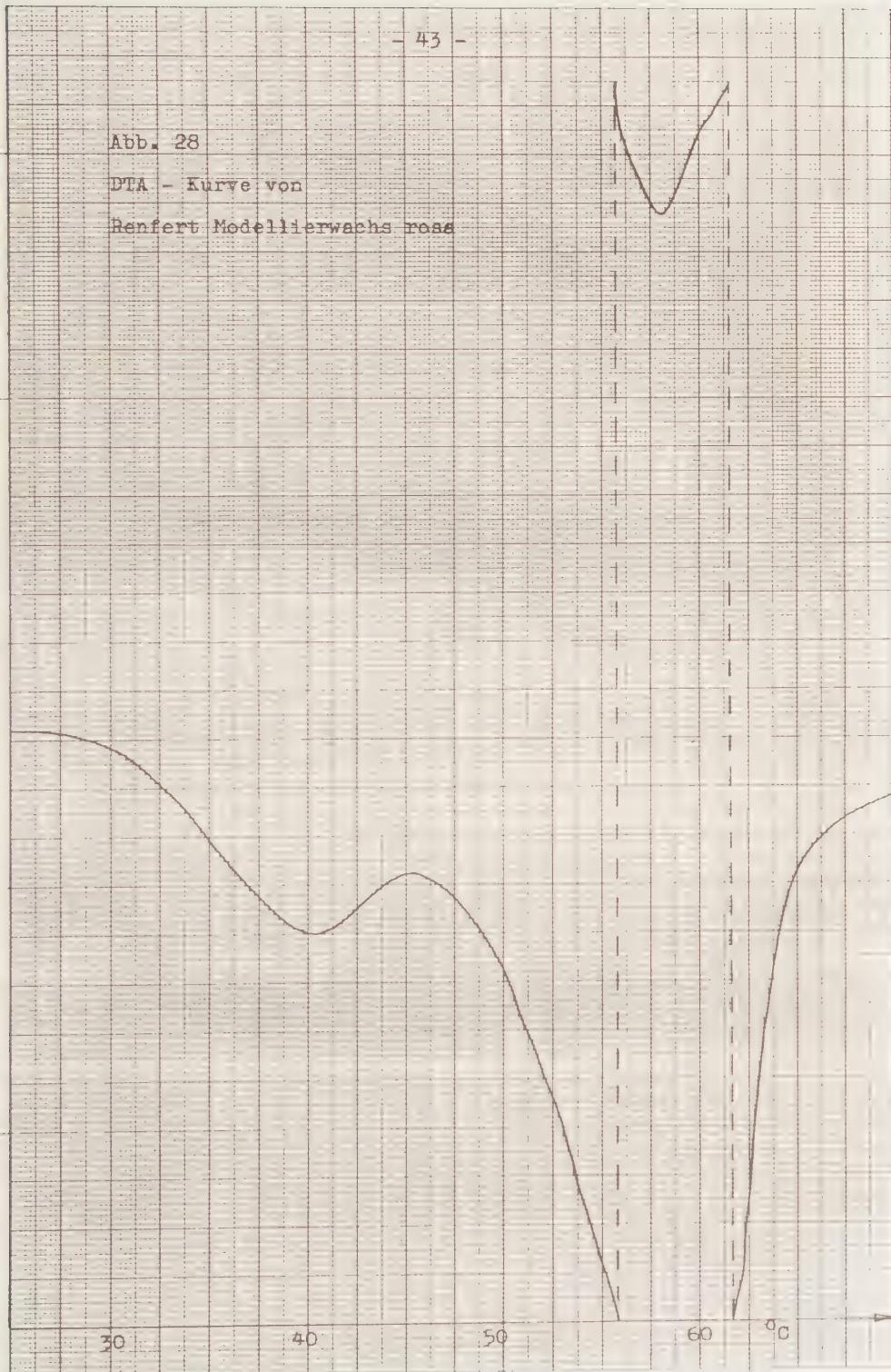


Abb. 29

DTA - Kurve von  
Rosa Modellierwachs Spitzenqualität  
Sommerwachs

exotherm  
↑  
Δ T  
↓  
endotherm

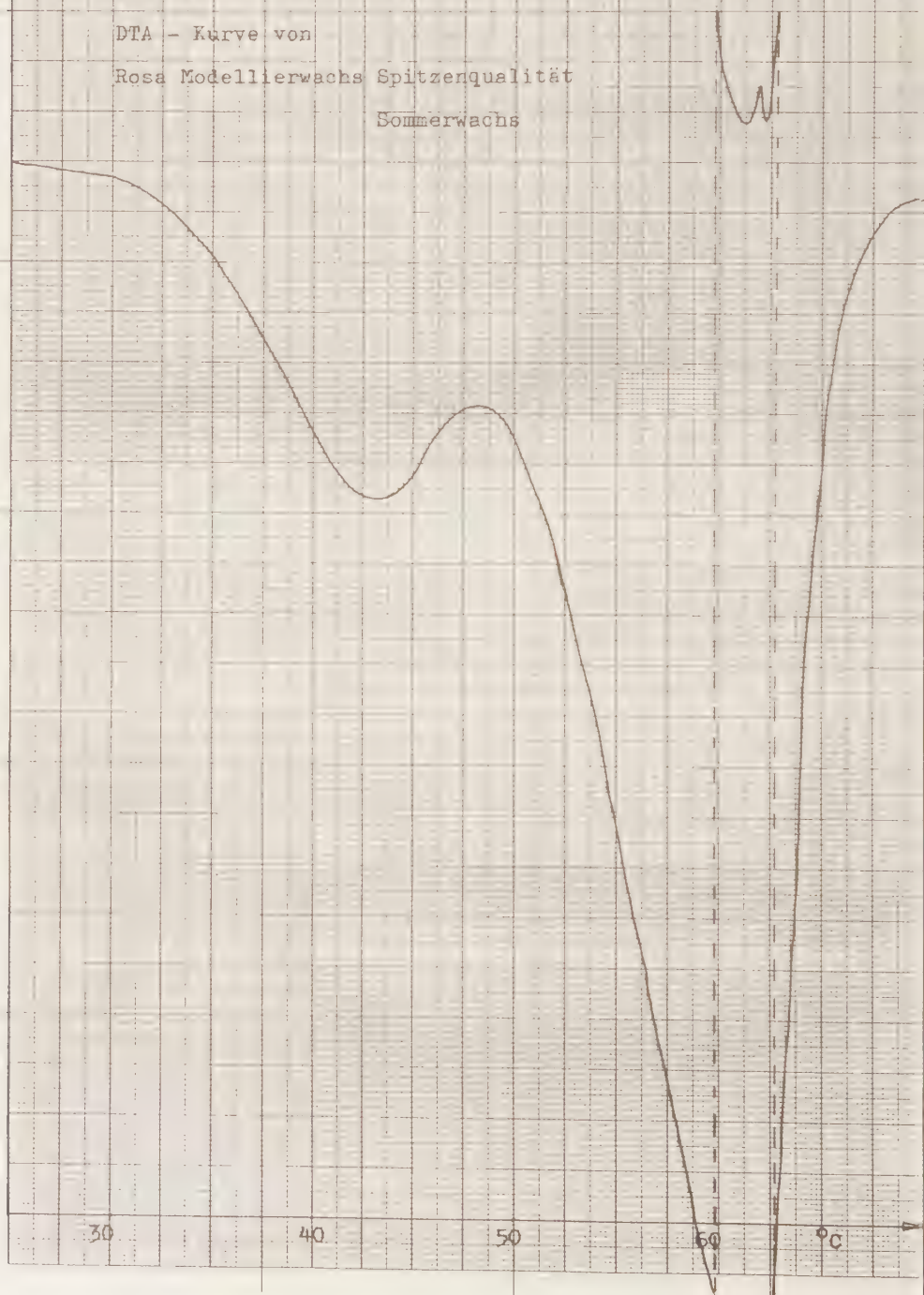


Abb. 30

DTA - Kurve von

Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Winterwachs

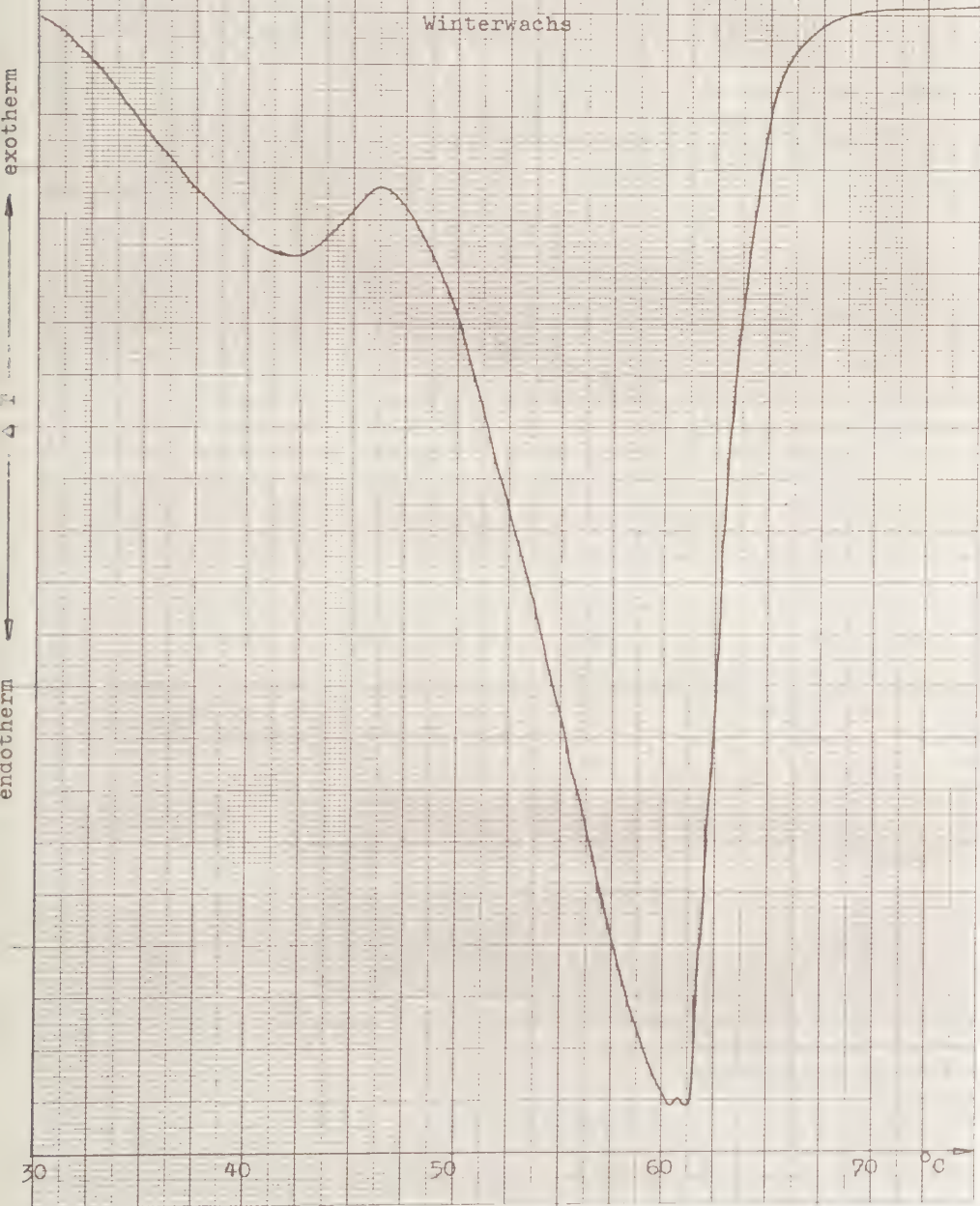


Abb. 31

DTA - Kurve von

Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Universalwachs

exotherm

Δ

endotherm

30

40

50

60

°C

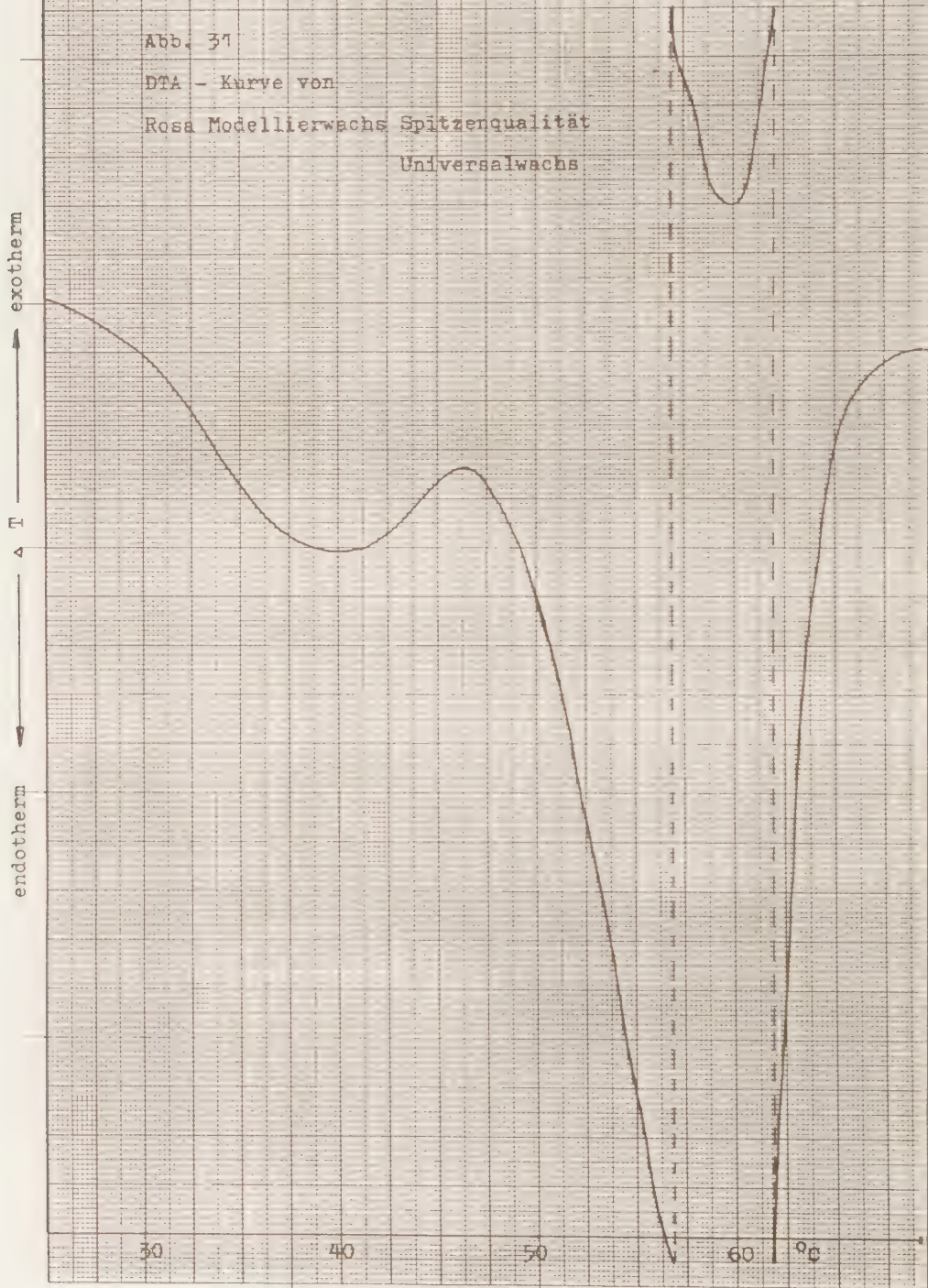


Abb. 32

DTA - Kurve von

Steinhart Modellierwachs AA rosa

exotherm

endotherm

30

40

50

60

°C

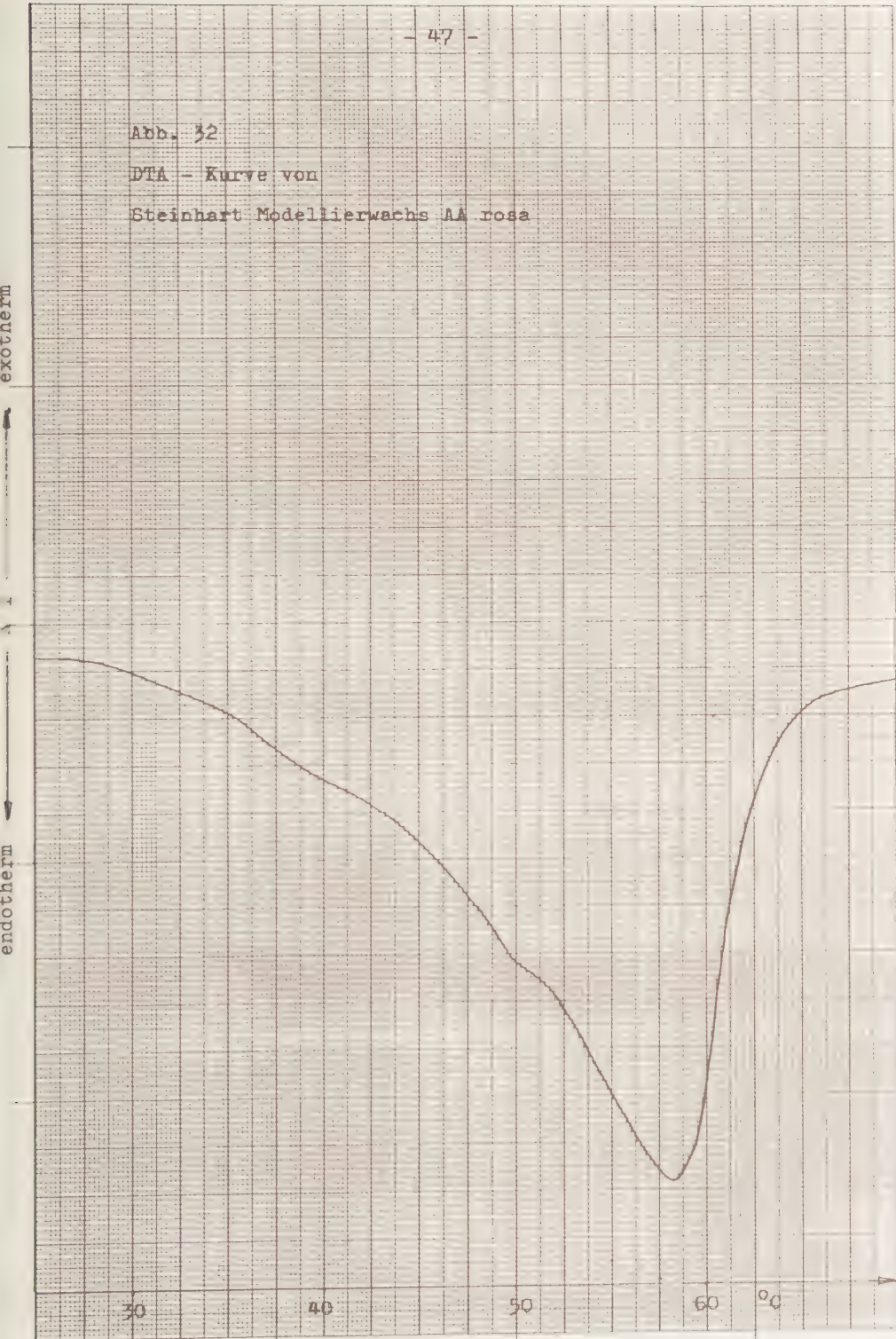


Abb. 33

DTA - Kurve von

Steinhart Modellierwachs BB rosa

exotherm

$\Delta T$

endotherm

30

40

50

60

70

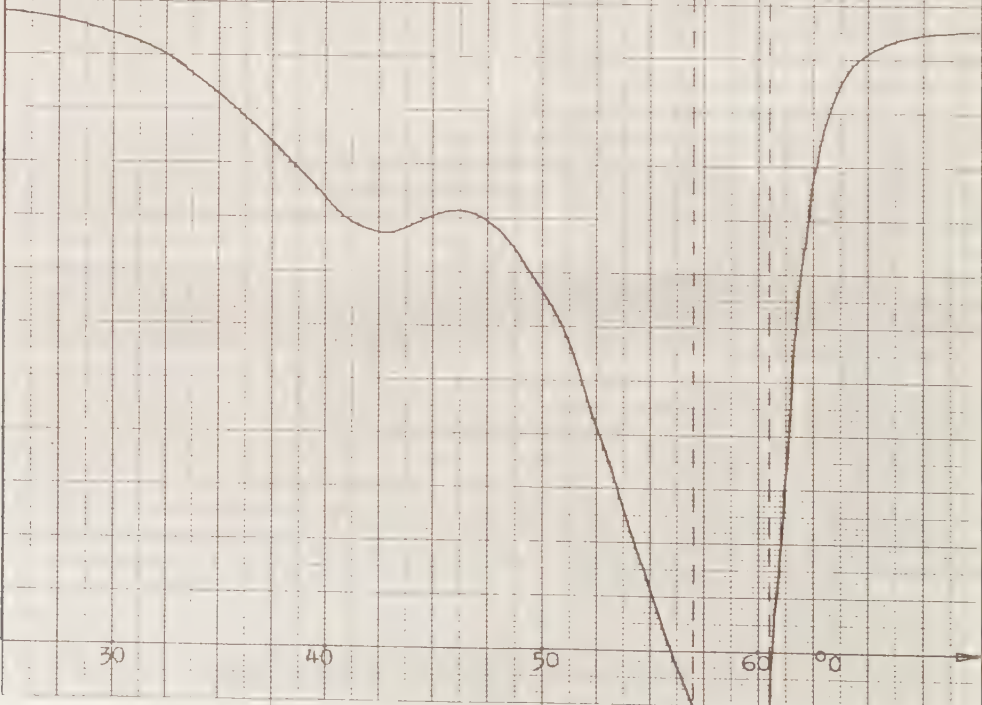
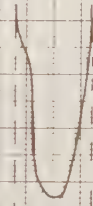


Abb. 34

DTA - Kurve von  
Steinhart Modellierwachs  
Standard rosa

exotherm



endotherm



30

40

50

60

°C

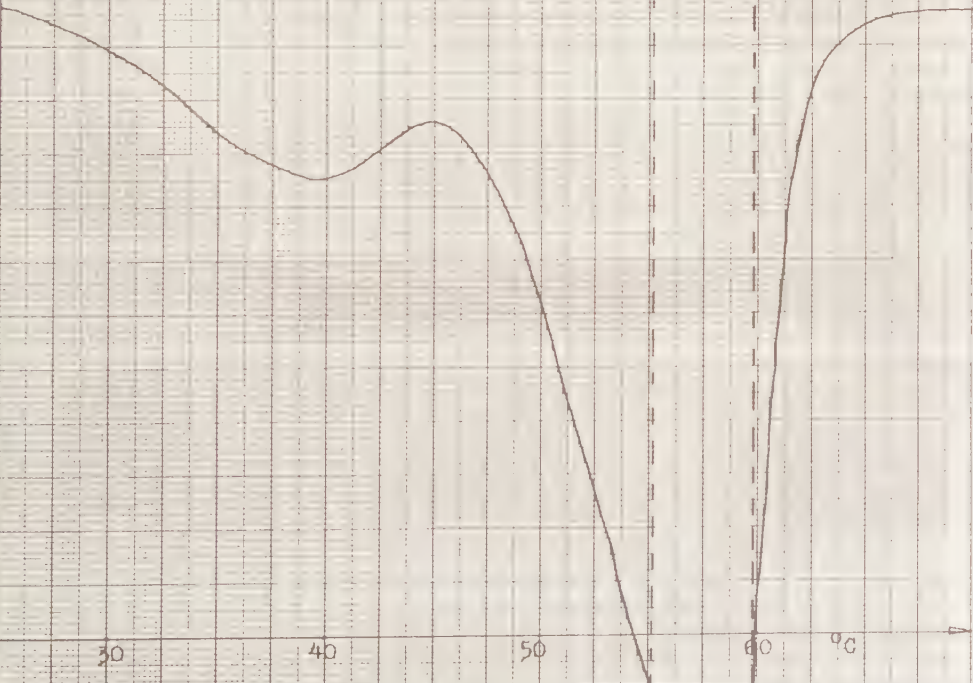
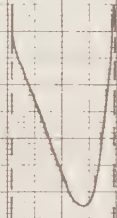


Abb. 35

DTA - Kurve von

Tenasyle Dental Modelling Wax

exotherm

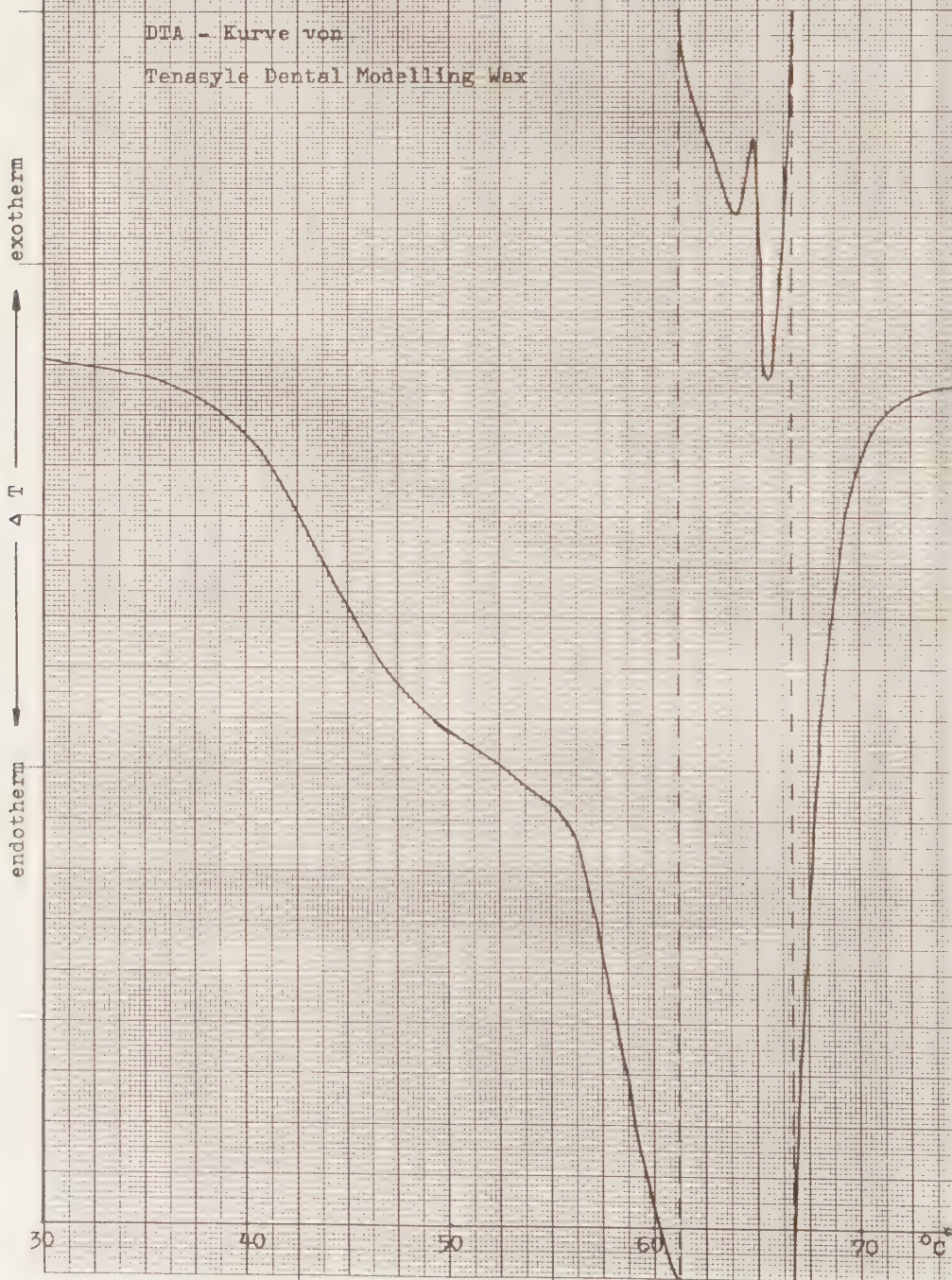


$\Delta T$



endotherm

30 40 50 60 70 °C



### 3.2. TMA - Kurven

In den nachfolgenden Abbildungen entspricht die unterbrochene Linie dem ersten, die durchgezogene Linie dem zweiten Versuch.

$\Delta L$

Abb. 36

TMA - Kurve von

Dentaurum Modellierwachs

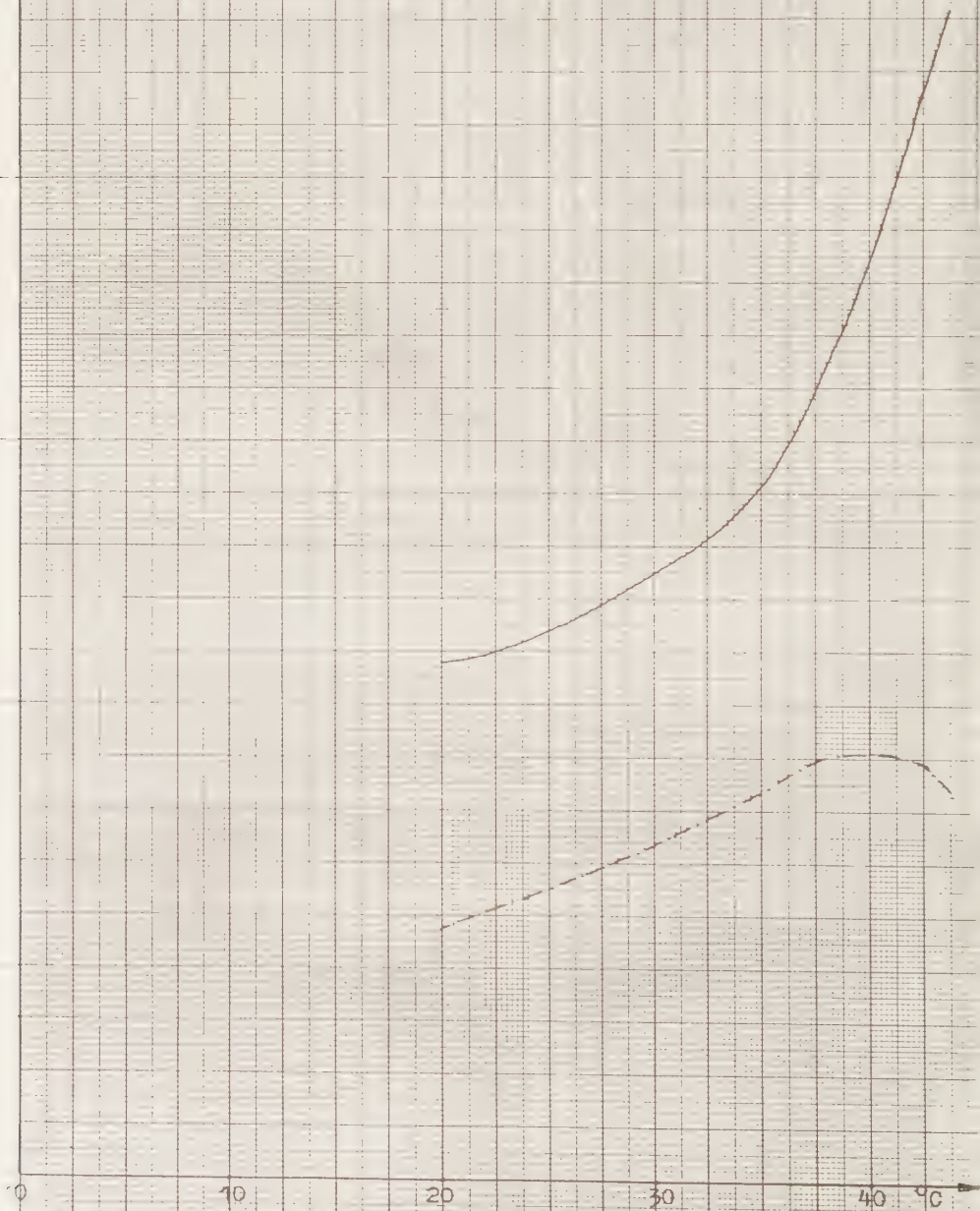


Abb. 37

TMA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Export

$\Delta L$

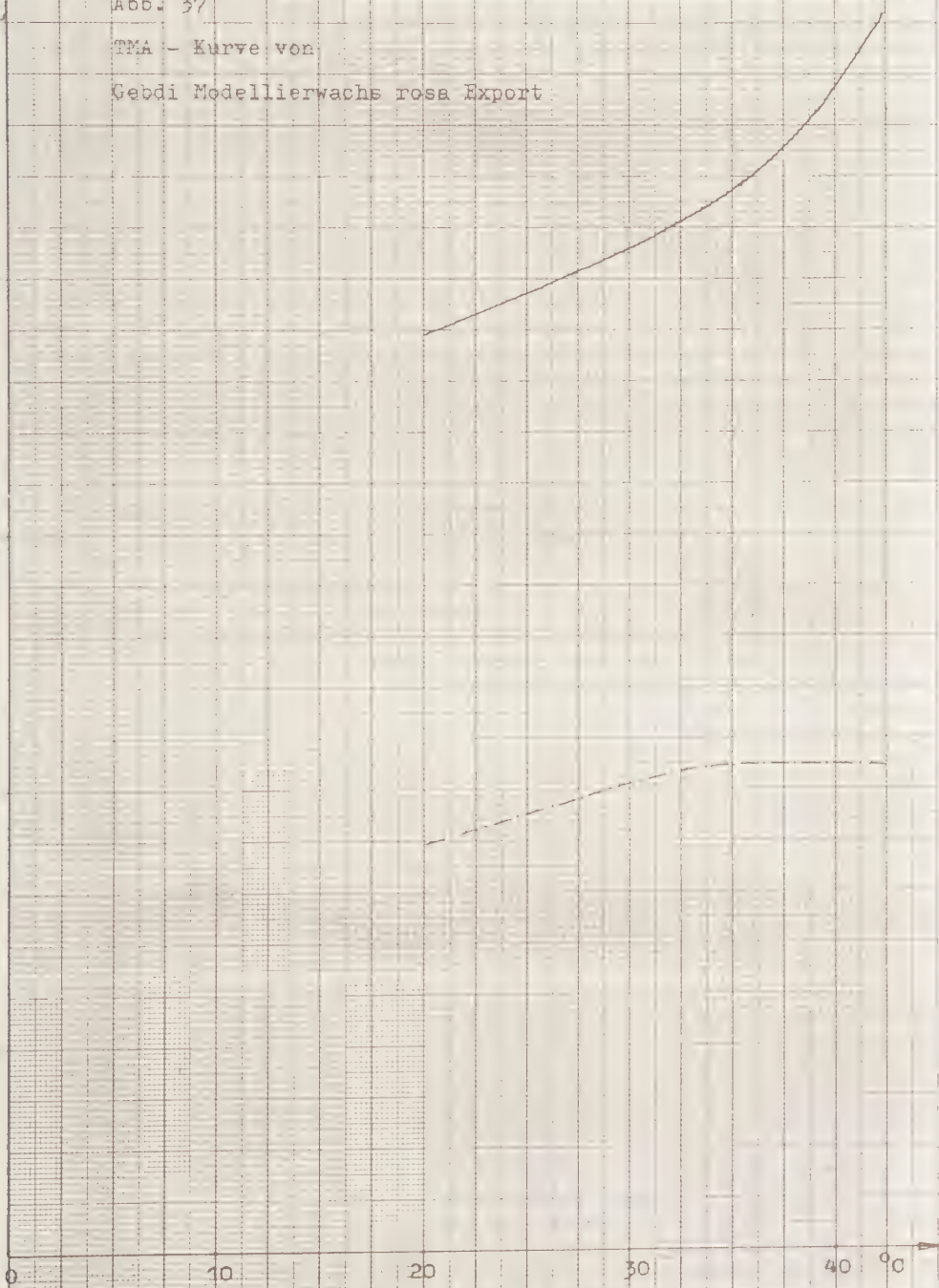


Abb. 38

TMA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Extra

$\Delta L$

0

10

20

30

40

$^{\circ}\text{C}$



Abb. 39

TMA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Labor



$\Delta L$

Abb. 40

TMA - Kurve von

Gebdi Modellierwachs rosa Standard

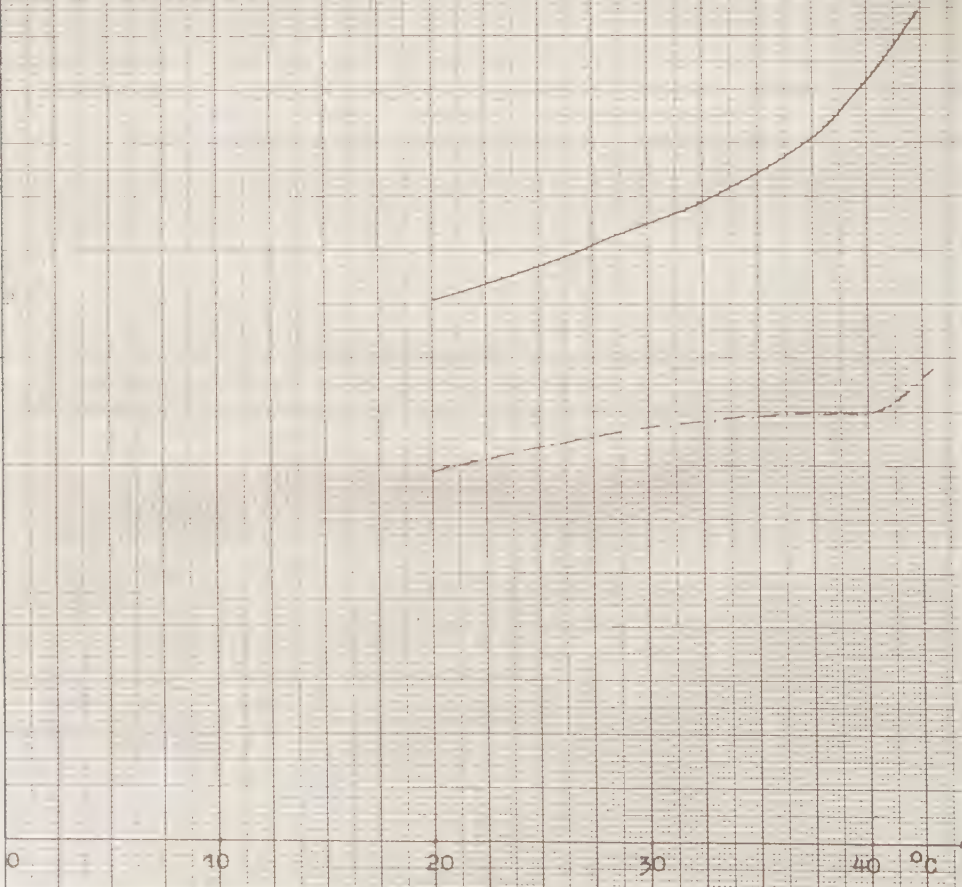


Abb. 41

THA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs S.

$\Delta L$

0

10

20

30

40 °C

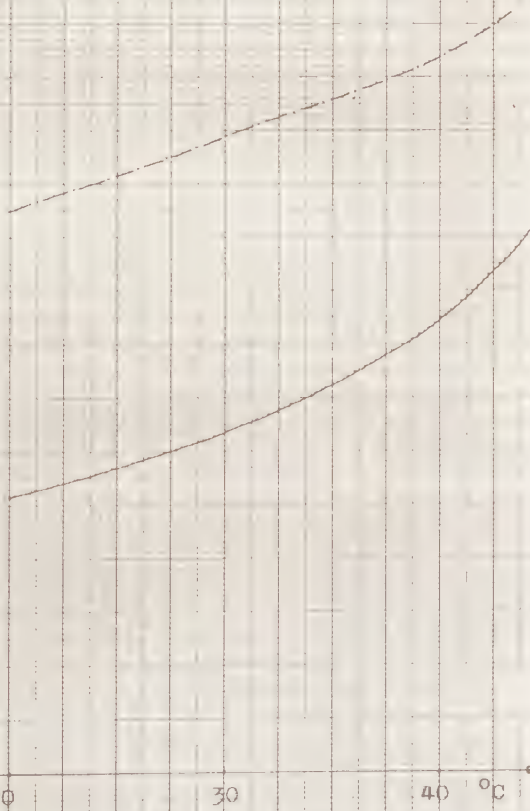


Abb. 42

TMA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs SH

$\Delta L$

0

10

20

30

40

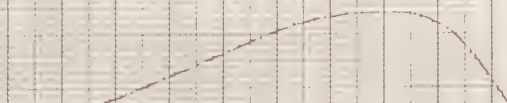
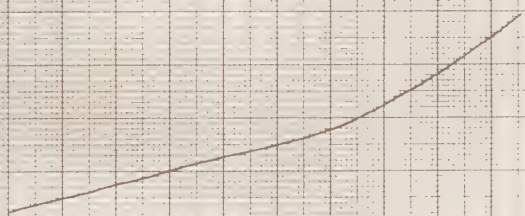
$^{\circ}\text{C}$



Abb. 43

TMA - Kurve von

Heko rosa Plattenwachs SO



$\Delta L$

Abb. 44

TMA -- Kurve von

Heko rosa Plattenwachs T

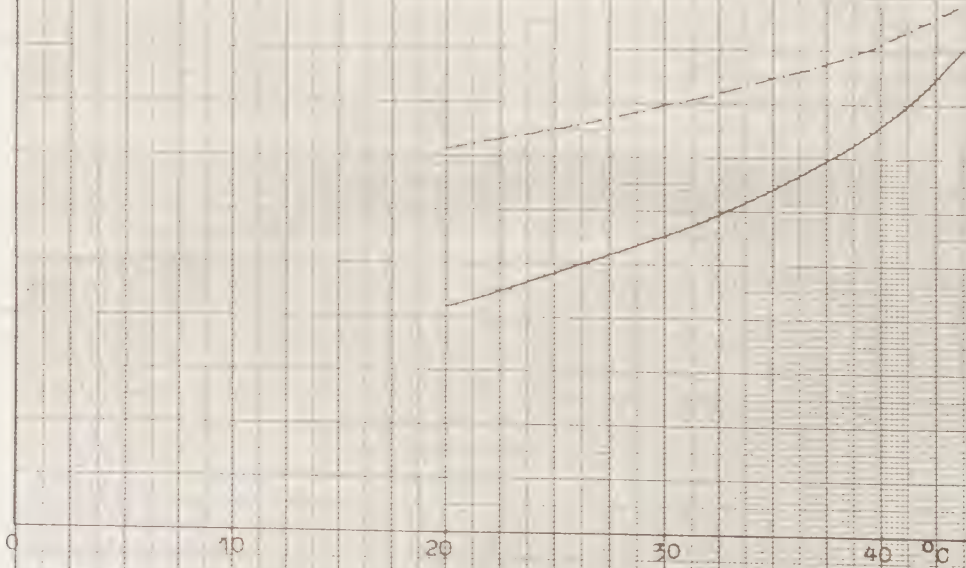
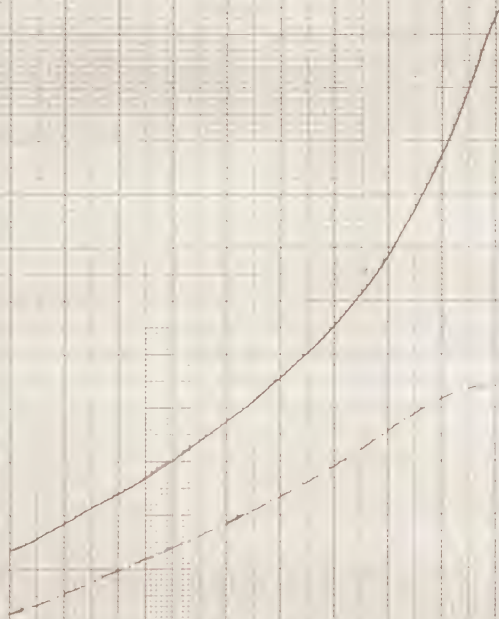


Abb. 45

TMA - Kurve von

Heck rosa Plattenwachs W



$\Delta L$

Abb. 46

TMA - Kurve von

Kerr Set up Wax - 2 regular

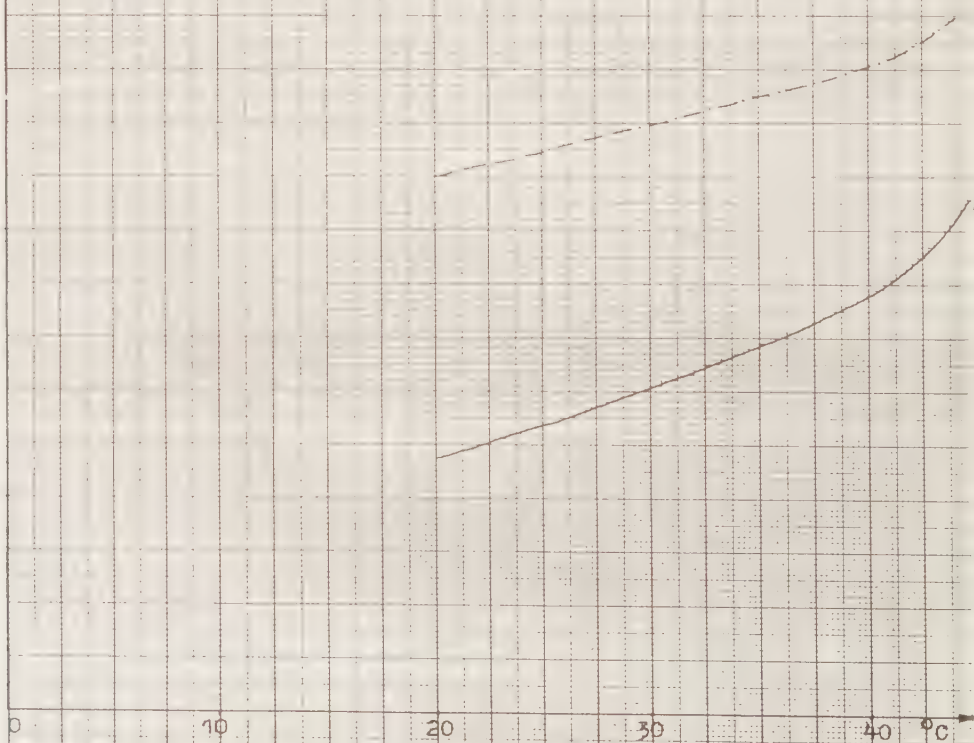


Abb. 47

TMA - Kurve von

Kerr Set up Wax - 5 hard

L

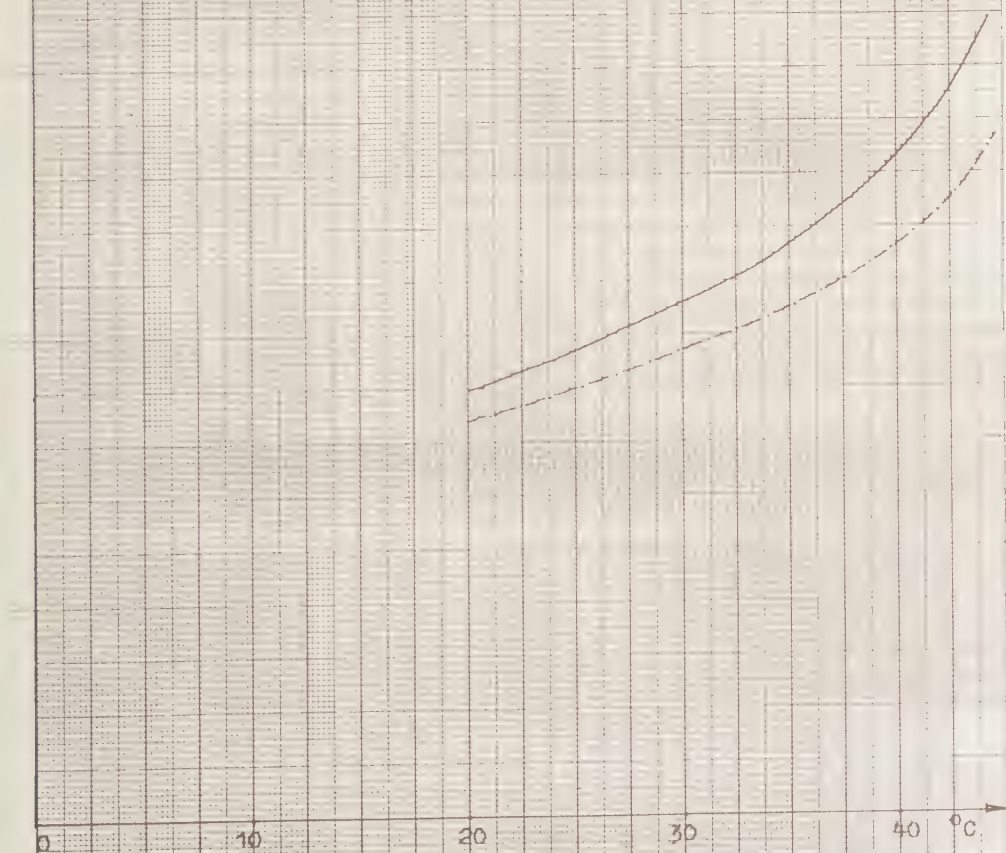


Abb. 48

TMA - Kurve von

Kerr Sure set Pink Base Plate Wax

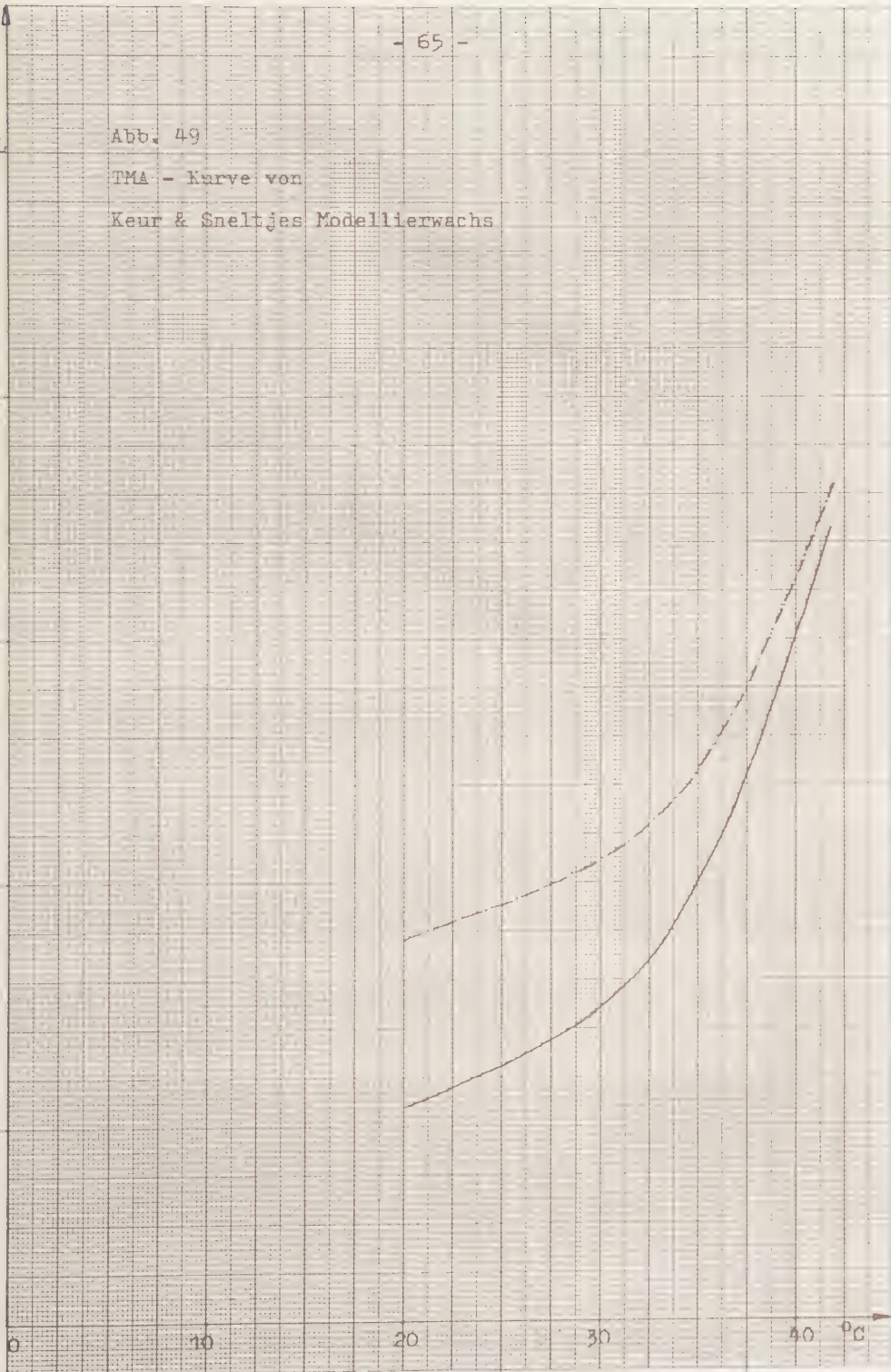


Abb. 49

TMA - Kurve von

Keur & Sneltes Modellierwachs

$\Delta L$



$\Delta L$

Abb. 50

TMA - Kurve von

Kuki Modellierwachs

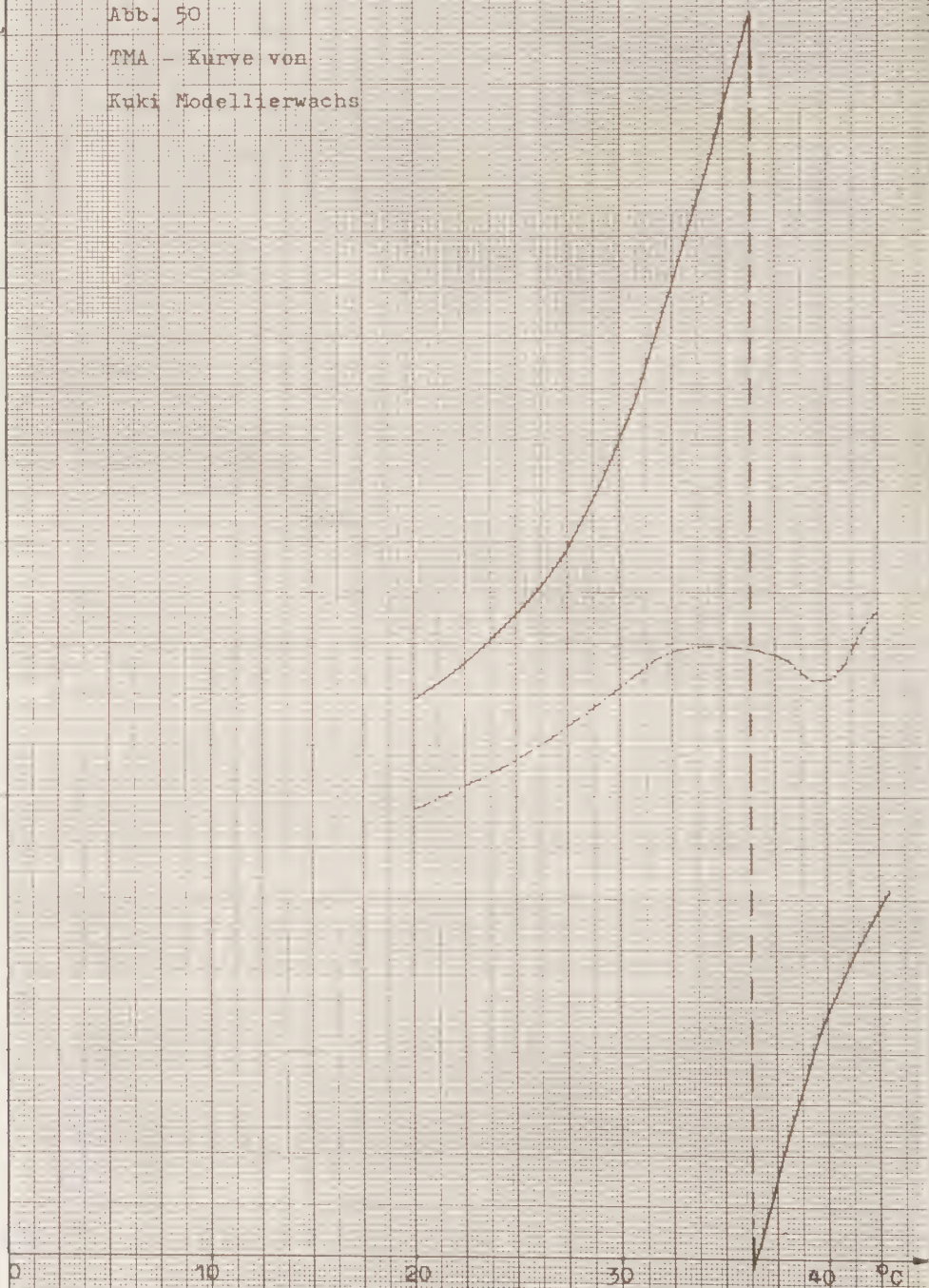


Abb. 54

TMA - Kurve von

Morsa Modellierwachs Labor

L

0

10

20

30

40

°C

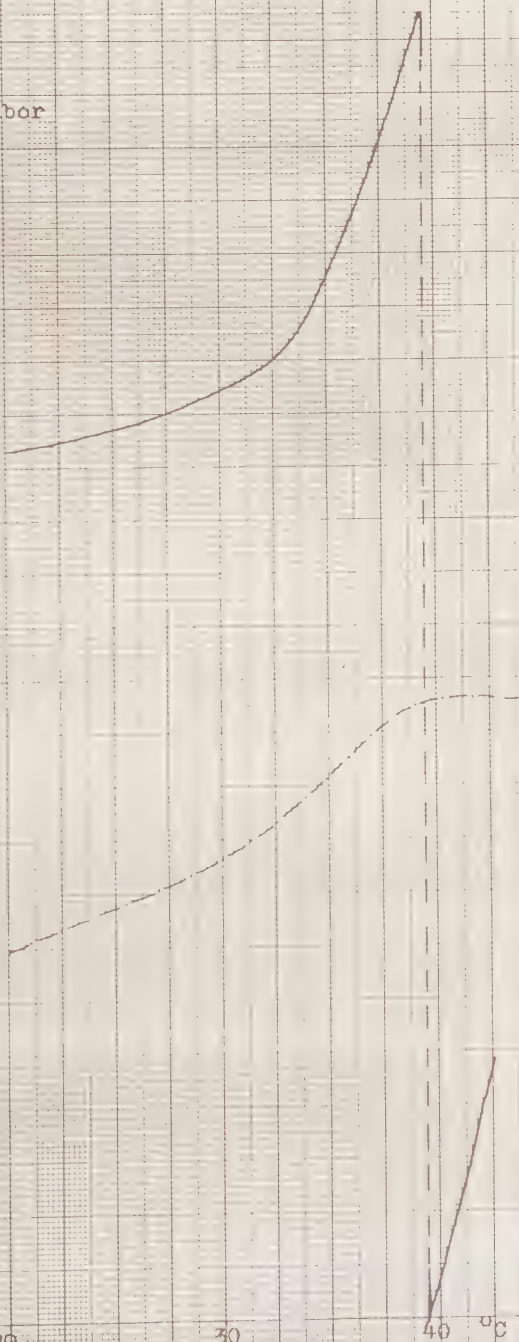


Abb. 52

TMA - Kurve von

Morsa Modellierwachs prima

AL

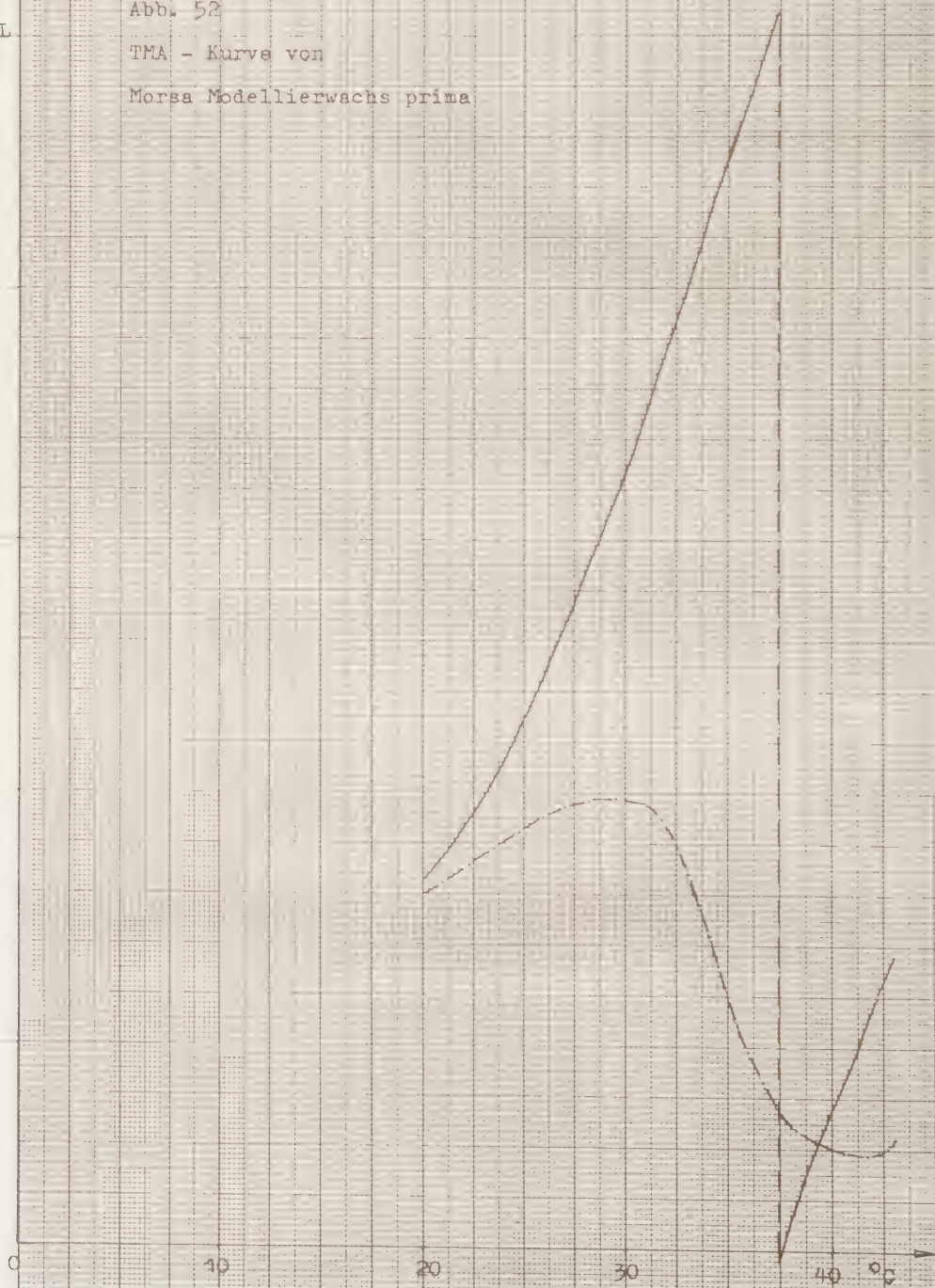


Abb. 53

TMA - Kurve von

Morsa Modellierwachs Standard

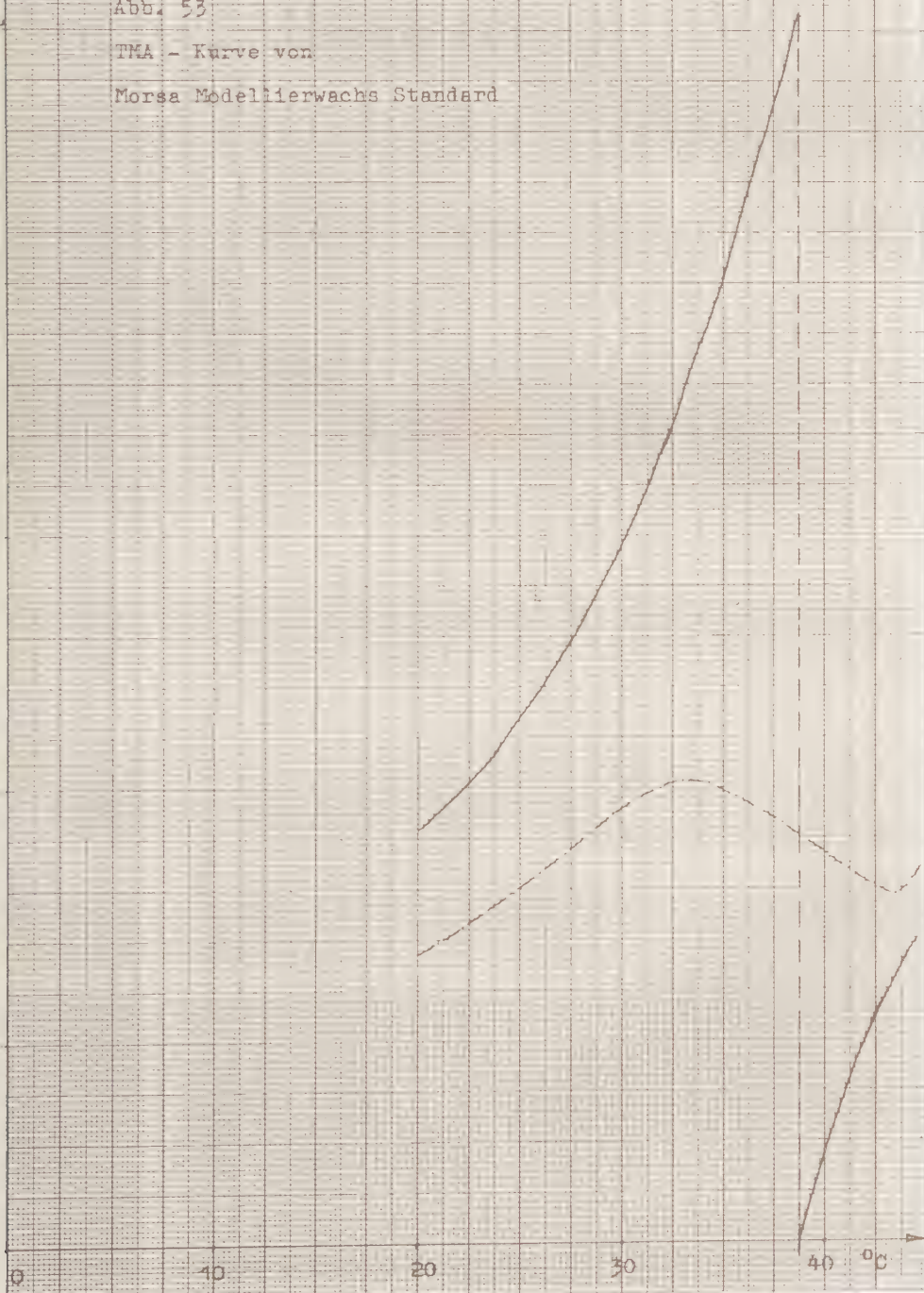


Abb. 54

TMA - Kurve von

Morsa Modellierwachs 1155

$\Delta I$

0 10 20 30 40 50

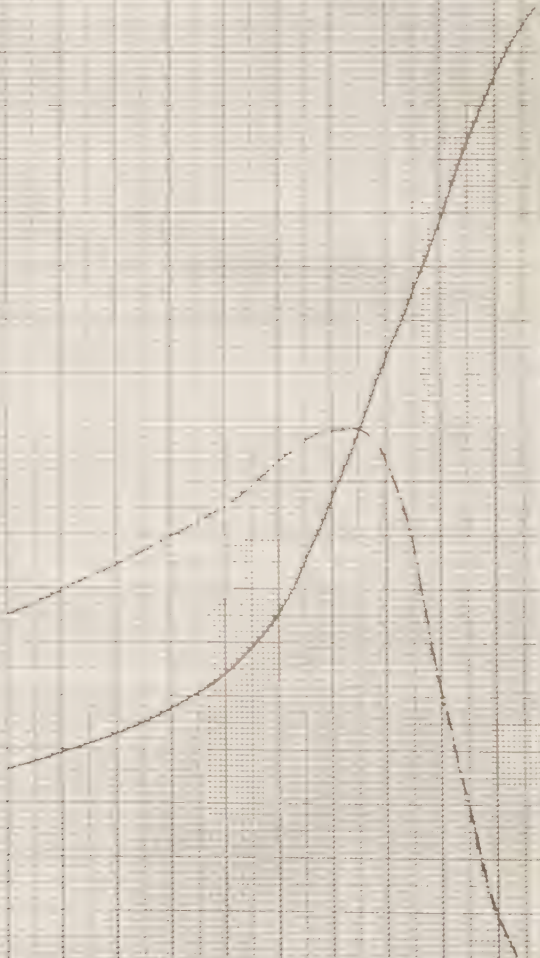
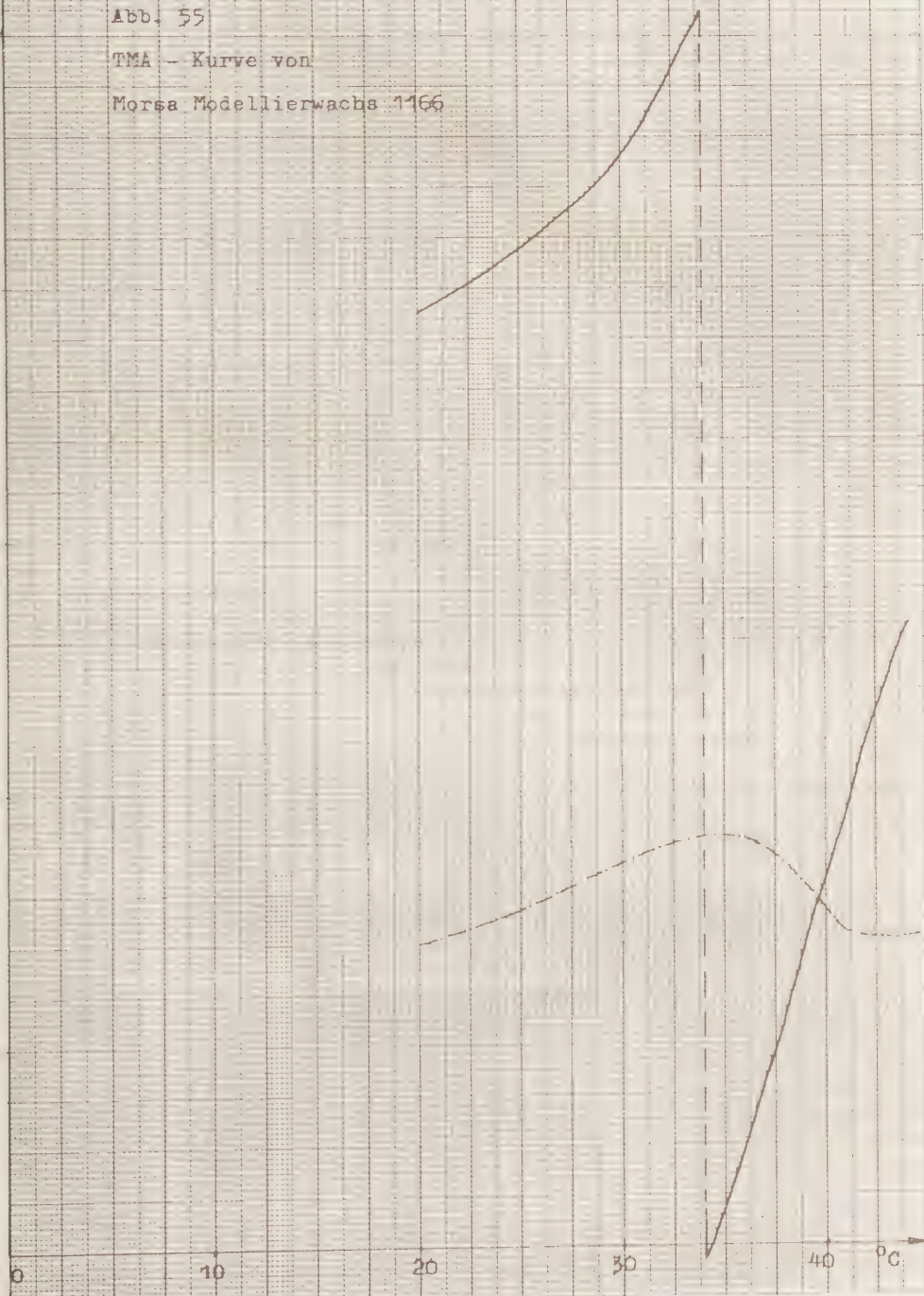


Abb. 55

TMA - Kurve von

Morsa Modellierwachs 1166



$\Delta L$

Abb. 56

TMA - Kurve von

Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard

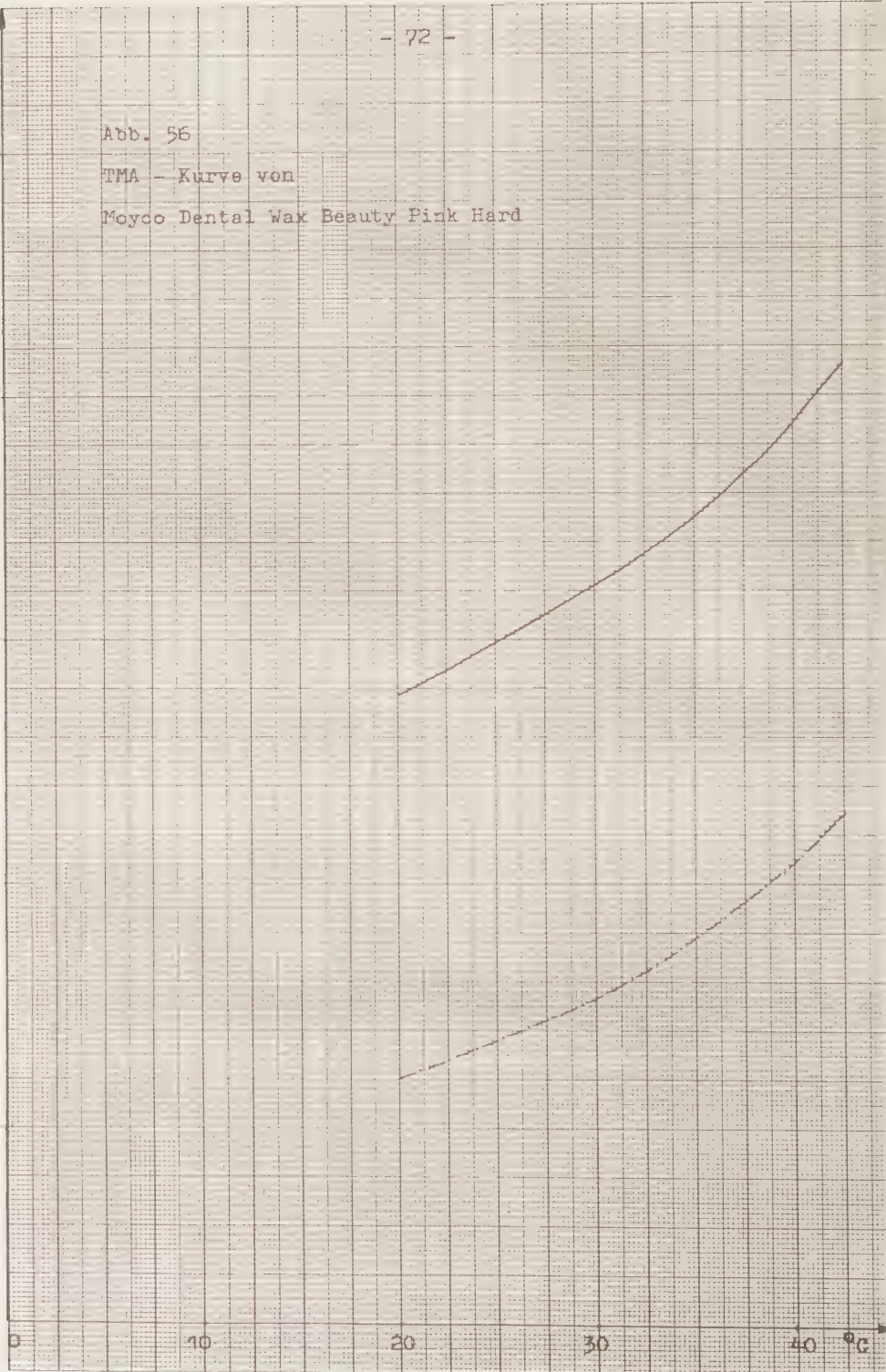
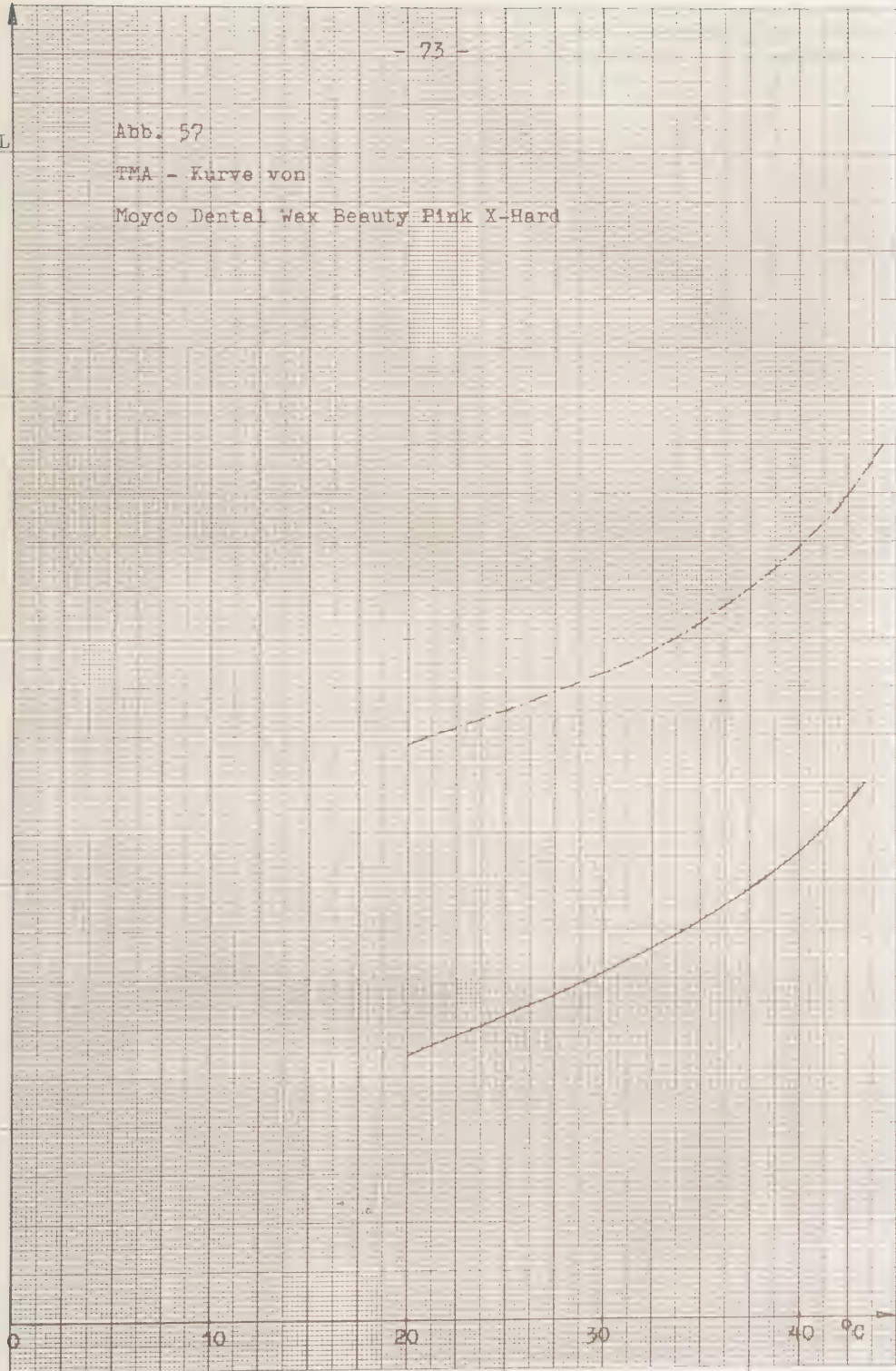


Abb. 57

TMA - Kurve von

Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard

$\Delta L$



$\Delta L$

Abb. 58

TMA - Kurve von

Renfert Modellierwachs rosa

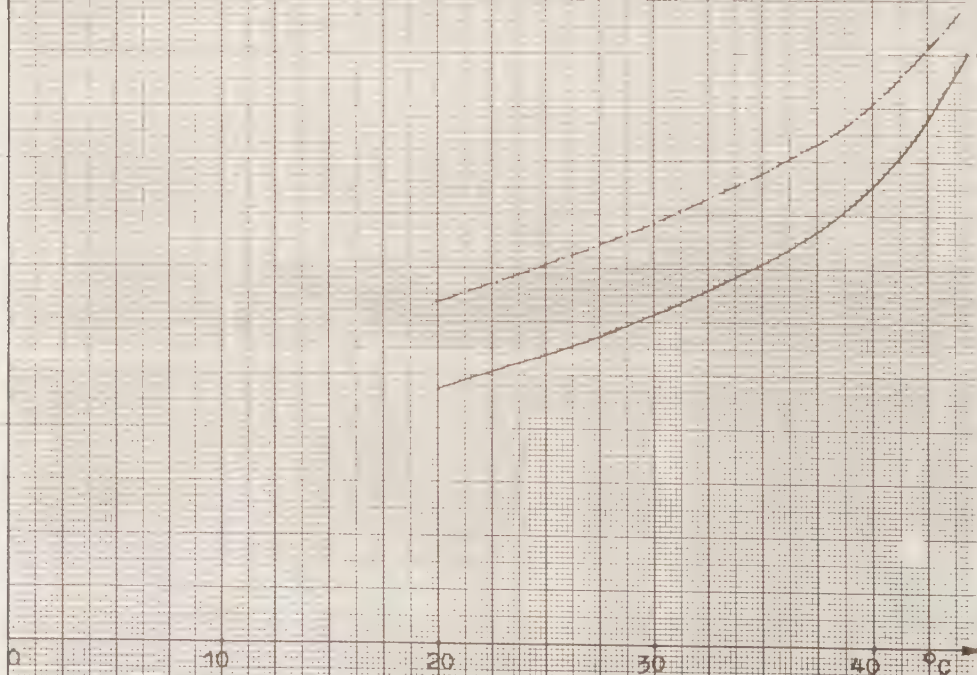


Abb. 59

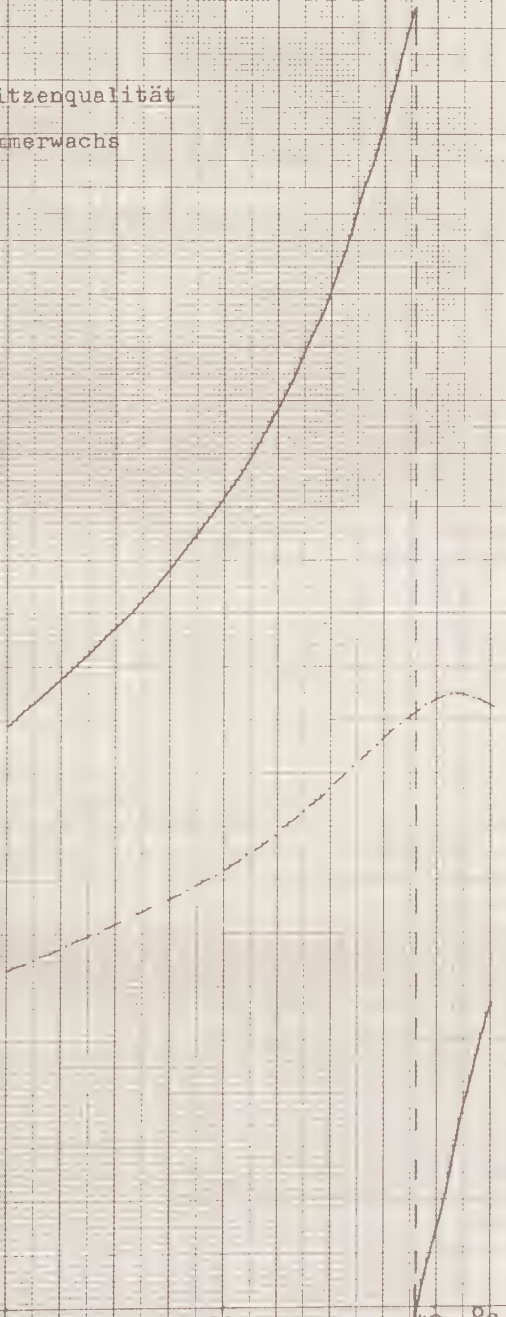
TMA - Kurve von

Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Sommerwachs

$\Delta L$

0 10 20 30 40 °C



$\Delta L$

Abb. 60

TMA - Kurve von

Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Winterwachs



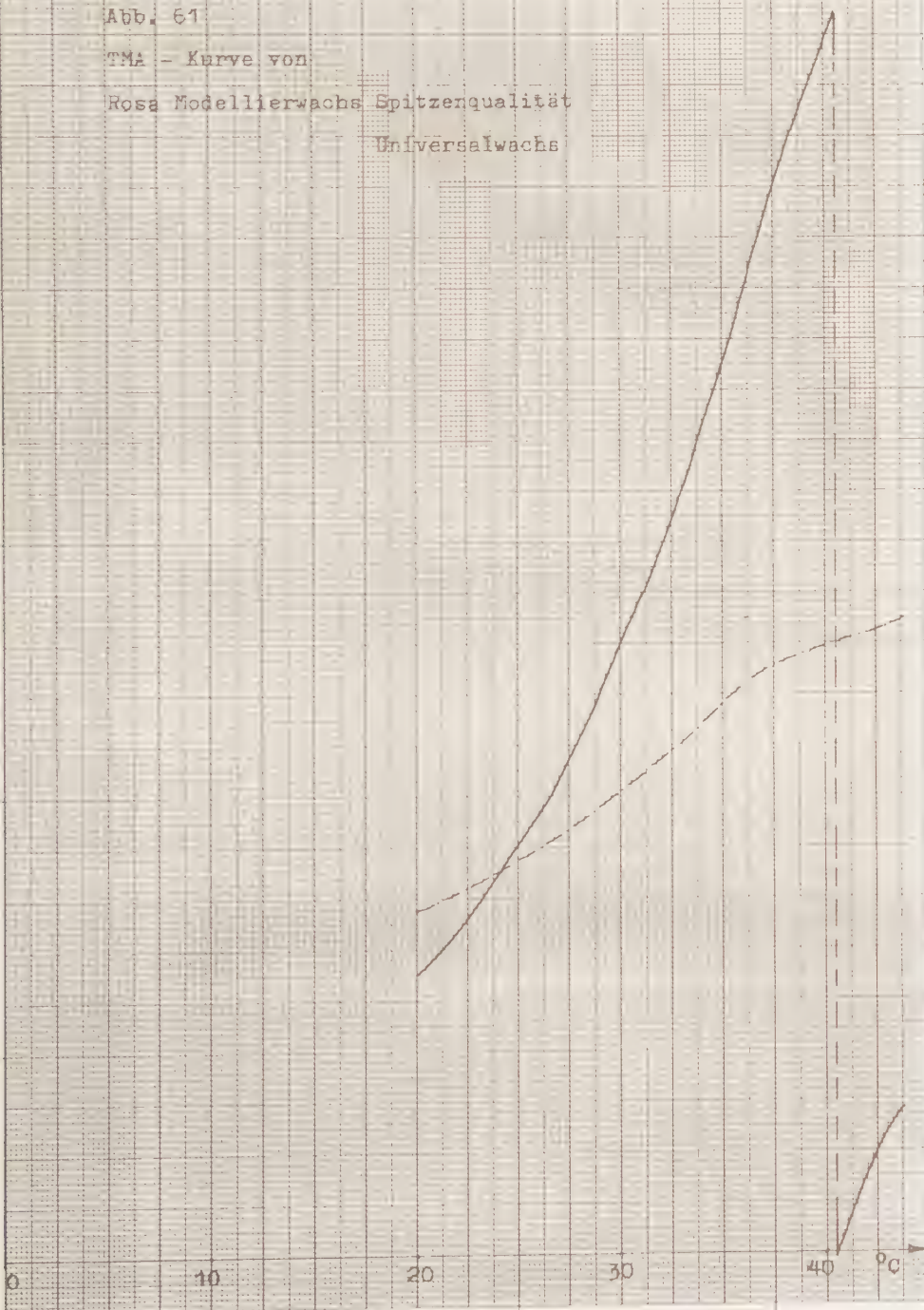
Abb. 61

TMA - Kurve von

Rosa Modellierwachs Spitzenqualität

Universalwachs

$\Delta L$



466. 52

TMA - Kurve von

Steinbart Modellierwachs AA rosa

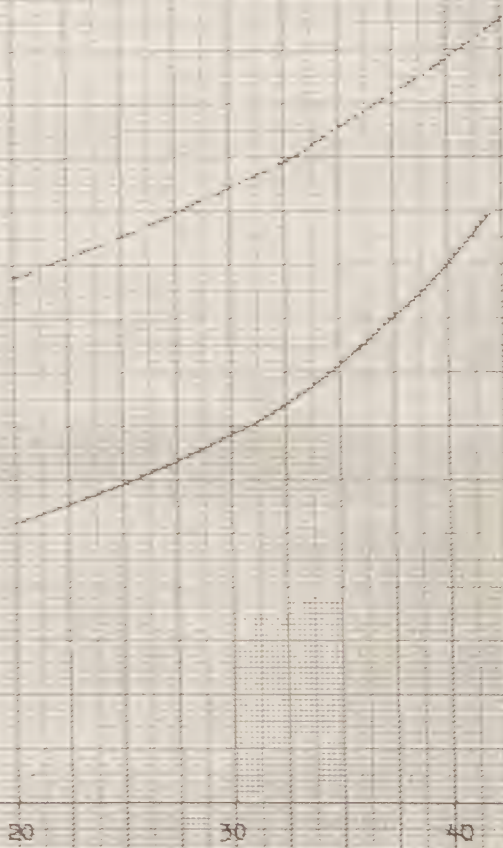
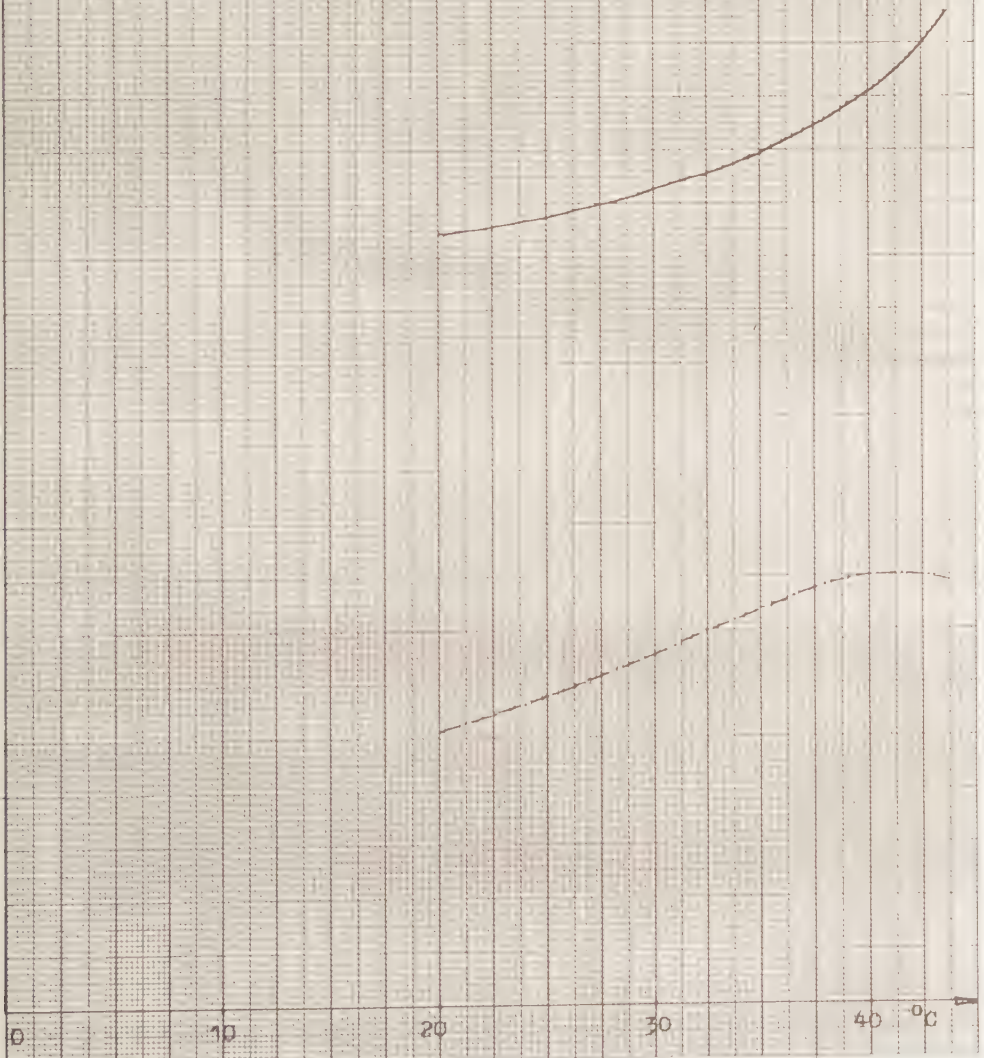


Abb. 63

TMA - Kurve von

Steinhart Modellierwachs BB rosa



$\Delta L$

Abb. 64

TMA - Kurve von

Steinhart Modellierwachs Standard rosa

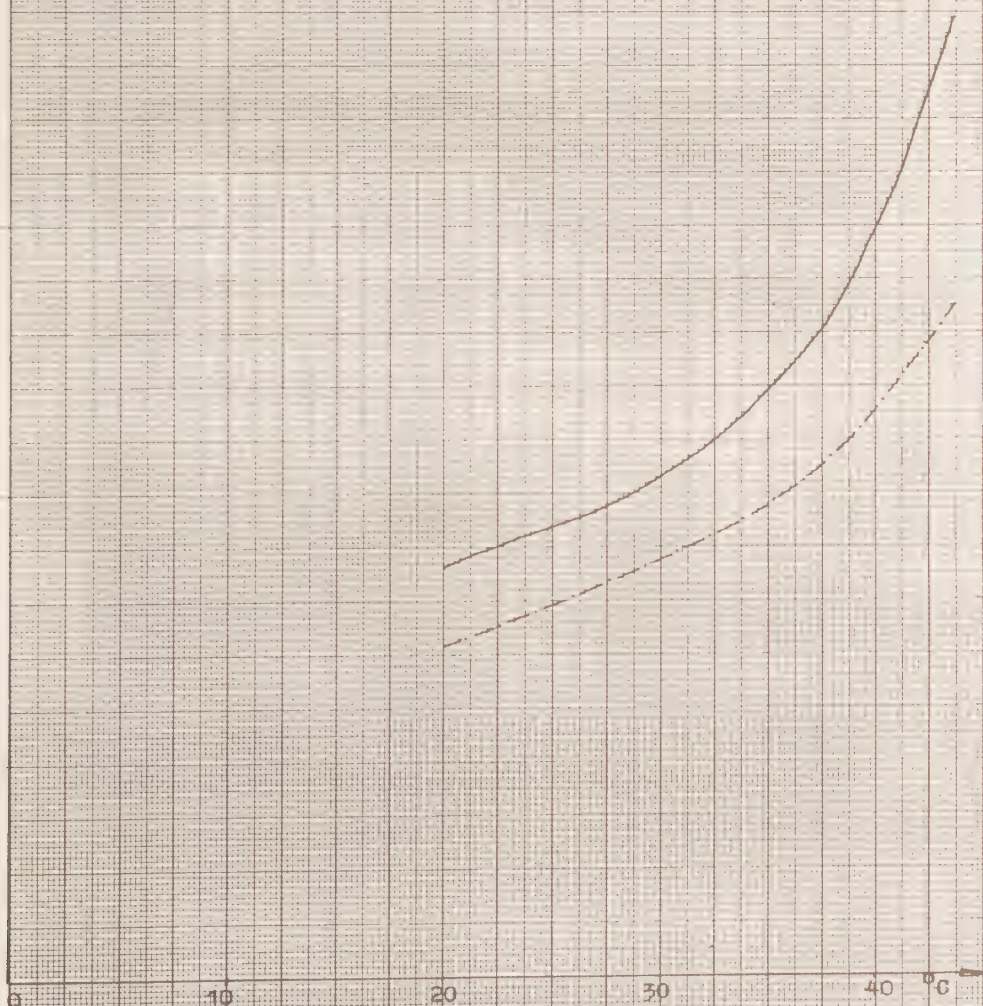


Abb. 65

TMA - Kurve von

Terasyle Dental Modelling Wax

$\Delta L$



#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Ein Vergleich der DTA-Kurven zeigt, daß bei den getesteten Modellierwachsen endotherme Peaks bei verschiedenen Temperaturen auftreten. Die Tatsache, daß in jeder DTA-Kurve Nebenpeaks und ein Hauptpeak enthalten sind, läßt auf Phasenumwandlungen innerhalb des Wachsgefüges, das aus mehreren Kompositionen besteht, schließen. Der Hauptpeak zeigt das vollständige Schmelzen der Wachsprobe an.

Wie bereits CRAIG, POWERS und PEYTON (2) feststellen, können die genauen Wachszusammensetzungen der Präparate nicht allein durch die DTA festgestellt werden. Da sich an den Schmelzpunkten keine großen Qualitätsunterschiede ablesen lassen, besitzen die Ergebnisse in Bezug auf die Wärmeexpansion eine bedeutendere Aussagekraft.

Der FACHNORMENAUSSCHUSS DENTAL IM DEUTSCHEN NORMENAUSSCHUSS (4) fordert, daß die lineare Wärmeexpansion von Modellierwachsen bei  $25^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  nicht mehr als 0,8 % betragen darf.

Die Wärmeexpansion der 30 Präparate wurde sowohl für den Temperaturbereich von  $25^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  als auch von  $25^{\circ}\text{C}$  -  $37^{\circ}\text{C}$  bestimmt.

Bei Betrachtung der TMA-Kurven jeweils beider Versuche, bei Vergleich der Wärmeexpansion des ersten und des zweiten Versuches, ergeben sich für die getesteten Modellierwachse folgende Einteilungen:

- a) Die Wärmeexpansion ist bei beiden Versuchen annähernd gleich und unterhalb der 0,8 % - Grenze: Gebdi Modellierwachs rosa Labor, Heko rosa Plattenwachs S, Heko rosa Plattenwachs SH, Kerr Sure set Pink Base Plate Wax, Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard, Renfert Modellierwachs rosa, Steinhart Modellierwachs BB rosa, Steinhart Modellierwachs Standard rosa.
- b) Die Wärmeexpansion liegt bei beiden Versuchen unterhalb der 0,8 % - Grenze, die Ergebnisse weichen aber im ersten und zweiten Versuch stark voneinander ab: Gebdi Modellierwachs rosa Export, Gebdi Modellierwachs rosa Standard, Heko rosa Plattenwachs T, Kerr Set up Wax - 2 regular, Kerr Set up Wax - 5 hard, Moyco Dental Wax Beauty Pink Hard, Steinhart Modellierwachs AA rosa, Tenasyle Dental Modelling Wax.
- c) Die Wärmeexpansion liegt beim ersten Versuch unterhalb, beim zweiten Versuch oberhalb der 0,8 % - Grenze: Dentaforum Modellierwachs, Heko rosa Plattenwachs W, Morsa Modellierwachs Labor, Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Sommerwachs, Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Universalwachs.
- d) Die Wärmeexpansion liegt bei beiden Versuchen oberhalb der 0,8 % - Grenze: Keur & Sneltsjes Modellierwachs.
- e) Die Wärmeexpansion liegt beim zweiten Versuch unterhalb der 0,8 % - Grenze, läßt sich beim ersten Versuch aufgrund des unregelmäßigen Kurvenverlaufes nicht ermitteln: Gebdi Modellierwachs rosa Extra, Heko rosa Plattenwachs SO.

f) Die Wärmeexpansion liegt beim zweiten Versuch oberhalb der 0,8 % - Grenze, läßt sich beim ersten Versuch aufgrund des unregelmäßigen Kurvenverlaufes nicht ermitteln: Kuki Modellierwachs, Morsa Modellierwachs prima, Morsa Modellierwachs Standard, Morsa Modellierwachs 1155, Morsa Modellierwachs 1166, Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Winterwachs.

Zu den Faktoren, welche die Wärmeexpansion positiv oder negativ beeinflussen, zählen sicher die genauen Wachszusammensetzungen, die aber von den Herstellern nicht bekannt gegeben werden.

Inwieweit sich neben möglichen anderen Faktoren die Oberflächenspannung, Lagerungszeit und -temperatur auf die Wärmeexpansion von Modellierwachsen auswirken, sind Fragen, die über das Thema dieser Arbeit hinausgehen und Ansatzpunkte für gesonderte Untersuchungen bieten würden.

## 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden durch DTA und TMA von Modellierwachsen der Schmelzpunkt und die lineare Wärmeexpansion bei  $25^{\circ}\text{C}$  -  $37^{\circ}\text{C}$  und bei  $25^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  bestimmt.

Untersucht wurden 23 Modellierwachs deutscher und 7 Modellierwachs ausländischer Hersteller.

Morsa Modellierwachs Labor, Morsa Modellierwachs 1155 und Morsa Modellierwachs 1166 weisen mit  $57^{\circ}\text{C}$  den niedrigsten Schmelzpunkt auf, während das englische Präparat Tenasyle Dental Modelling Wax mit  $66^{\circ}\text{C}$  den höchsten Wert verzeichnet.

Qualitätsunterschiede ließen sich weniger bei den Schmelzpunkten, als vielmehr bei der Wärmeexpansion erkennen.

Zu den Spitzenwachsen zählen Heko rosa Plattenwachs SH, Moyco Dental Wax Beauty Pink X-Hard, Renfert Modellierwachs rosa und Steinhart Modellierwachs BB rosa.

Kuki Modellierwachs, Morsa Modellierwachs prima, Morsa Modellierwachs Standard, Morsa Modellierwachs 1155, Morsa Modellierwachs 1166 und Rosa Modellierwachs Spitzenqualität Winterwachs genügen keinesfalls den Anforderungen, welche an ein Modellierwachs gestellt werden, da sie wegen ihrer hohen Wärmeexpansion im Temperaturbereich von  $25^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  keine ausreichende Stabilität gewährleisten.

## 6. Literaturverzeichnis

1. CRAIG, R.G. Properties of natural waxes  
EICK, J.D. used in dentistry  
PEYTON, F.A. J.dent.Res. 44, 1308 - 1316  
Nov.-Dec. 1965
2. CRAIG, R.G. Differential Thermal Analysis  
POWERS, J.M. of Commercial and Dental Waxes  
PEYTON, F.A. J.dent.Res. vol. 46, Nr.5  
1090 - 1097; Sept.-Oct. 1967
3. EBERSBACH, W. Experimentelle und praktische  
KRAUSE, A. Untersuchungen verschiedener  
Modellierwachse  
Dtsch. Stomat. 11/4, 242 - 248  
(1961)
4. FACHNORMENAUSSCHUSS Deutsche Normen  
DENTAL IM Zahnärztliche Werkstoffe  
DEUTSCHEN NORMEN- Basisplattenwachs, Anforderungen  
AUSSCHUSS Prüfung  
Vorlage 0013915
5. HENNING, G. Ein neues Gerätesystem  
SCHULZ, J.P. für die Thermoanalyse  
in: G-I-T Fachzeitschrift  
für das Laboratorium  
17. Jahrgang (1973), Nr. 13  
S.1353 - 1359

6. LANGE, J.  
JOCHINKE, H.  
Kennzeichnung von Wachsen  
durch Differentialthermoanalyse  
in: Büll, R.: Vom Wachs.  
Höchster Beiträge  
zur Kenntnis der Wachse,  
Band II - Beitrag 11;  
Farbwerke Höchst  
Frankfurt ab 1959, S. 643 - 653
7. OHASHI, M.  
PAFFENBARGER, R.W.  
Melting, flow and thermal expansion characteristics of  
some dental and commercial waxes  
J.Amer.dent.Ass. 72, 1141 - 1150  
(1966)
8. REHBERG, H.-J.  
Ein Beitrag zur Frage der  
Prüfmethodik zahnärztlicher  
Wachse  
Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 1428 - 1436  
(1955)
9. REHBERG, H.-J.  
Zahnärztliche Wachse  
in: Eicher, K.: Zahnärztliche  
Werkstoffkunde und ihre  
Verarbeitung  
Dr. A. Hüthig  
Heidelberg 1974, S. 69 - 75

10. ROSENBERG, G. VON                      Fette, Seifen, Anstrichmittel  
56/1954
11. SMITH, D.C.                              Some Properties of Modelling  
EARNSHAW, R.                              and Baseplate Waxes  
McCRORIE, J.W.                           Brit.Dent.J. 118; 437 - 442  
(1965)
12. WEIKART, P.                              Werkstoffkunde für Zahnärzte  
4. Auflage München  
C. Hanser, 1966  
S. 228 - 232

Für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Professor Dr. H. Marx bedanken.

Mein Dank gilt auch der Firma Heraeus in Hanau, welche mir die Möglichkeit gab, die Versuche mit Hilfe ihrer Geräte durchzuführen.

## Lebenslauf

Am 25.Dezember 1950 wurde ich, Karl Fehlner, als viertes Kind des Ehepaares Maria und Karl Fehlner in Weiherhammer geboren.

Von 1957 bis 1962 besuchte ich die Volksschule in Weiherhammer, anschließend das Augustinus-Gymnasium in Weiden. Dort legte ich am 23.Juni 1972 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1973 immatrikulierte ich mich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz im Studienfach Zahnmedizin. Nach der naturwissenschaftlichen Vorprüfung am 14.März 1974 und nach der zahnärztlichen Vorprüfung am 14.Oktober 1975 bestand ich am 20.Juni 1978 die zahnärztliche Prüfung. Die Bestallung als Zahnarzt erhielt ich am 5.Juli 1978.

Mein Vater verstarb im Juni 1972.

Am 19.Februar 1974 heiratete ich Ursula Fehlner, geb. Vollmer.

Seit dem 1.August 1978 arbeite ich als Assistent in einer zahnärztlichen Praxis in Coburg.



1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

